



# **Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Farmacia y Bioquímica**

**Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica**

## **Efecto del secado convectivo sobre el valor nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. *mollissima* "tumbo serrano"**

### **TESIS**

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutica

### **AUTOR**

Nataly Karina KUNO AGUILAR

### **ASESOR**

Gladys Constanza ARIAS ARROYO

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Kuno, N. (2021). *Efecto del secado convectivo sobre el valor nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en pulpa y semilla de Passiflora tripartita var. mollissima "tumbo serrano"*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

## Hoja de metadatos complementarios

Código ORCID del autor	-
DNI o pasaporte del autor	47729736
Código ORCID del asesor	0000-0001-8674-4147
DNI o pasaporte del asesor	06518454
Grupo de investigación	Investigación, Desarrollo e Innovación de Productos Funcionales (IDEPF)
Agencia financiadora	-
Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación	Jr. Puno 1002, Jardín Botánico- Lima 1- Perú. Longitud: 12.0558007 Latitud: 77.0257352,17
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2019-2020
Disciplinas OCDE	Alimentos y bebidas <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.01</a> Nutrición, dietética <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.03.04">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.03.04</a>



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**  
Universidad del Perú. Decana de América  
**Facultad de Farmacia y Bioquímica**  
**Decanato**



## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS VIRTUAL**

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

**Efecto del secado convectivo sobre el valor nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. *mollissima* "tumbo serrano"**

Que presenta la Bachiller en Farmacia y Bioquímica:

**NATALY KARINA KUNO AGUILAR**

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

**SOBRESALIENTE DIECIOCHO ( 18 )**

-----

en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Farmacia y Bioquímica y Título Profesional de Químico Farmacéutico(a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lima, 13 de febrero de 2021

**Mg. Juan José Ponce Cobos**  
**Presidente**

INFORMACIÓN GENERAL	
Área de investigación (*)	Ciencias de la salud
Líneas de Investigación (*)	Recursos alimenticios
Ubicación geográfica donde se desarrolla la investigación	Jr. Puno 1002-Jardin Botánico-Lima-Perú
DATOS DEL TESISISTA	
Código ORCID (obligatorio)	-
Código de matrícula	14040081
Indicar si es egresado o si aún está cursando estudios	Egresada
DATOS DEL ASESOR I	
Código docente:00482E Categoría: Principal Clase: TC.	
Código ORCID (obligatorio)	0000-0001-8674-4147
Departamento Académico	FARMACOLOGÍA, BROMATOLOGIA Y TOXICOLOGÍA
Instituto de Investigación	Instituto de Investigación en Ciencias Farmacéuticas y Recursos Naturales
Grupo de investigación al que pertenece indicar si es coordinador, miembro o adherente del grupo de investigación	Coordinador del Grupo de Investigación: INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN DE PRODUCTOS FUNCIONALES (IDEPF) ...../.....

(\*)Según documentos oficiales de la Facultad

## **DEDICATORIA**

A Dios por brindarme la sabiduría, salud y amor para la finalización de mi trabajo de investigación.

Este trabajo lo dedico a mis padres Miguel Kuno y María Aguilar quienes con su paciencia, comprensión y apoyo me brindaron la fortaleza para seguir adelante en la realización de mi tesis, manteniendo presente mis principios y valores.

A mis hermanos quienes son ejemplo de superación, por su apoyo y ánimos para la finalización de mi tesis.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis maestros de la "Facultad de Farmacia y Bioquímica (UNMSM)" por ser partícipe en mi formación profesional, por brindarme no sólo sus conocimientos sino también sus experiencias en los diferentes campos laborales.

Agradecer a la Doctora Gladys Arias, mi asesora, por la confianza brindada, siempre estar dispuesta a apoyarme y ser la guía en la realización de mi tesis.

A la Doctora Marina Marín y al Doctor Nelson Bautista por los consejos brindados y sugerencias aportadas.

A mi familia por brindarme su apoyo, consejos y ser mi motivación.

A mis amistades a quienes admiro y aprecio mucho, siempre prestos a apoyarme, por su confianza y motivación en todo momento.

Al Bachiller Jossimar Huamaní por su colaboración en la ejecución de la presente tesis.

A todos los miembros del jurado por las sugerencias brindadas.



## ÍNDICE

RESUMEN.....	VIII
SUMMARY.....	XI
1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Hipótesis .....	2
1.2 Objetivos.....	2
2 GENERALIDADES .....	3
2.1 <i>Passiflora tripartita</i> var. <i>mollissima</i> "tumbo serrano".....	3
2.1.1 Origen .....	3
2.1.2 Nombre común.....	4
2.1.3 Taxonomía .....	4
2.1.4 Composición química .....	4
2.1.5 Usos .....	5
2.2 Secado en alimentos .....	5
2.2.1 Secado convectivo .....	5
2.2.2 Secadores convectivos.....	6
2.3 Compuestos bioactivos .....	7
2.4 Capacidad antioxidante.....	10
3 PARTE EXPERIMENTAL .....	12
3.1 Materiales y métodos .....	12
3.2 Metodología .....	13
3.2.1 Recolección e identificación botánica .....	15
3.2.2 Preparación de muestra .....	16
3.2.3 Evaluación de tumbo serrano fresco .....	17
3.2.4 Secado convectivo de tumbo serrano.....	20
3.2.5 Evaluación de tumbo serrano seco.....	21

3.2.6	Análisis estadístico .....	21
4	RESULTADOS.....	22
4.1	Tumbo serrano fresco .....	22
4.2	Secado convectivo.....	27
4.3	Tumbo serrano seco .....	27
4.4	Análisis estadístico .....	32
5	DISCUSIÓN .....	36
6	CONCLUSIONES .....	44
7	RECOMENDACIONES .....	45
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46
9	ANEXOS.....	55

## ABREVIATURAS

**A.O.A.C:** Association of Official Analytical Chemists

**pH:** potencial de hidrógeno

**UV:** ultra violeta

**p<0,05:** 95 % de confianza

**GAE:** ácido gálico

**DPPH:** 2,2 -difenil -1- picril-hidracilo

**ABTS<sup>•+</sup>:** 2,2'-azino- bis - (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)

**IC 50:** concentración inhibitoria media máxima

**DHAA:** ácido deshidroascórbico

**SC:** secado convectivo

**BH:** base húmeda

**BS:** base seca

**JASP:** Jeffrey's Amazing Statistics Program

**PUCP:** Pontífice Universidad Católica del Perú

**2,3-DCG:** ácido 2,3-dicetogulónico

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Secador de estufa.....	6
<b>Figura 2.</b> Secador de túnel.....	6
<b>Figura 3.</b> Secador de bandejas o armario.. ..	7
<b>Figura 4.</b> Estructura base de flavonoides. ....	9
<b>Figura 5.</b> Método del 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). ....	11
<b>Figura 6.</b> Estructura química de la reacción entre el ABTS y persulfato potásico	11
<b>Figura 7.</b> Flujograma del método experimental. ....	14
<b>Figura 8.</b> Hojas, flores y fruto de <i>Passiflora tripartita</i> var. <i>mollissima</i> "tumbo serrano". ....	15
<b>Figura 9.</b> Muestra fresca de tumbo serrano.....	16
<b>Figura 10.</b> Preparación de muestra para el proceso de secado convectivo .....	16
<b>Figura 11.</b> Diagrama del proceso de SC de tumbo serrano.....	20
<b>Figura 12.</b> %CRL del extracto de tumbo serrano fresco por DPPH .....	25
<b>Figura 13.</b> %CRL del extracto de tumbo serrano por ABTS <sup>•+</sup> .....	26
<b>Figura 14.</b> %CRL del extracto de tumbo serrano seco por DPPH .....	30
<b>Figura 15.</b> %CRL del extracto de tumbo serrano seco por ABTS <sup>•+</sup> .....	31
<b>Figura 16.</b> Efecto del SC sobre la composición químico-bromatológico .....	33
<b>Figura 17.</b> Efecto del SC sobre el valor de Vitamina C.....	33
<b>Figura 18.</b> Efecto del SC en el contenido de polifenoles .....	34
<b>Figura 19.</b> Efecto del SC en el contenido de flavonoides .....	34
<b>Figura 20.</b> Efecto del SC en el contenido de carotenoides .....	35
<b>Figura 21.</b> Efecto del SC sobre la capacidad antioxidante del extracto de tumbo serrano .....	35

## TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Evaluación organoléptica .....	22
<b>Tabla 2.</b> Análisis físico-morfológico .....	22
<b>Tabla 3.</b> Valores de pH, acidez y grados Brix .....	22
<b>Tabla 4.</b> Valores de la composición química- bromatológica .....	23
<b>Tabla 5.</b> Minerales en pulpa y semilla de tumbo serrano fresco .....	23
<b>Tabla 6.</b> Valores de los compuestos bioactivos .....	24
<b>Tabla 7.</b> Valores de la capacidad antioxidante.....	24
<b>Tabla 8.</b> %CRL del extracto de tumbo serrano fresco por DPPH.....	25
<b>Tabla 9.</b> %CRL del extracto de tumbo serrano fresco por ABTS <sup>++</sup> .....	26
<b>Tabla 10.</b> Condiciones de secado.....	27
<b>Tabla 11.</b> Humedad y sólidos totales en tumbo serrano fresco y seco .....	27
<b>Tabla 12.</b> Evaluación organoléptica.....	27
<b>Tabla 13.</b> Valores de pH, acidez y grados Brix .....	27
<b>Tabla 14.</b> Valores de la composición química bromatológica en pulpa y semilla de tumbo serrano seco .....	28
<b>Tabla 15.</b> Minerales en pulpa y semilla de tumbo serrano seco.....	28
<b>Tabla 16.</b> Valores de compuestos bioactivos en pulpa y semilla de tumbo serrano seco.....	29
<b>Tabla 17.</b> Valores de la capacidad antioxidante en pulpa y semilla de tumbo serrano seco .....	29
<b>Tabla 18.</b> % CRL del extracto de tumbo serrano seco por DPPH .....	30
<b>Tabla 19.</b> %CRL del extracto de tumbo serrano seco por ABTS <sup>++</sup> .....	31
<b>Tabla 20.</b> Comparación de valores de humedad entre muestra fresca y seca de tumbo serrano.....	32
<b>Tabla 21.</b> Comparación de valores de acidez y grados Brix entre muestra fresca y seca de tumbo serrano expresados en base seca .....	32
<b>Tabla 22.</b> Comparación de la composición química bromatológica entre muestra fresca y seca de tumbo serrano expresados en base seca.....	32
<b>Tabla 23.</b> Comparación de los compuestos bioactivos entre muestra fresca y seca de tumbo serrano expresados en base seca .....	34
<b>Tabla 24.</b> Comparación de la capacidad antioxidante entre muestra fresca y seca de tumbo serrano expresados en base seca .....	35

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es evaluar el efecto del secado convectivo (SC) sobre el valor nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. *mollissima* "tumbo serrano" procedente del sector Pampas (Huancayo). El análisis del valor nutricional es realizado siguiendo los métodos de la A.O.A.C, la determinación de compuestos bioactivos es realizada por espectrofotometría y para evaluar la capacidad antioxidante se utiliza los métodos DPPH y ABTS<sup>•+</sup>. El secado es realizado en un secador de bandejas a 60°C. Los resultados de los análisis en muestra fresca y seca son (g%): humedad 82,41 y 10,93; cenizas 0,64 y 3,44; fibra cruda 7,39 y 35,13; azúcares reductores directos 5,78 y 13,59; azúcares reductores totales 7,34 y 15,18 (azúcares expresados en g% de glucosa) y vitamina C (mg%) 66,56 y 107,38 respectivamente. En cuanto al análisis de compuestos bioactivos en muestra fresca y seca los resultados son: polifenoles totales 147,16 y 423,02 mg GAE/g, flavonoides 8,67 y 12,99 mg quercetina/100g y carotenos totales 0,28 y 1,09 mg/100g respectivamente. La capacidad antioxidante en muestra fresca y seca mediante el DPPH presenta un IC<sub>50</sub> de 11,19 y 31,06 µg/ml y mediante ABTS<sup>•+</sup> 7,87 y 13,79 µg/ml comparado con el patrón Trolox respectivamente. Se evidencia disminución significativa en el valor nutricional excepto en fibra y cenizas; compuestos bioactivos y capacidad antioxidante

### Palabras claves

Secado convectivo, "tumbo serrano", *Passiflora tripartita* var. *mollissima*, valor nutricional, capacidad antioxidante, compuestos bioactivos.

## SUMMARY

The objective of this research work is to evaluate the effect of convective drying (SC) on the nutritional value, bioactive compounds and antioxidant capacity in pulp and seed of *Passiflora tripartita* var. *mollissima* "tumbo serrano" from the Pampas sector (Huancayo). The analysis of the nutritional value was carried out following the methods of the A.O.A.C, the determination of bioactive compounds was carried out by spectrophotometry and to evaluate the antioxidant capacity, the chemical methods DPPH and ABTS<sup>•+</sup> were used. Drying is carried out in a tray dryer at 60 °C. The results of the analysis in fresh and dry samples are (g%): humidity 82,41 and 10,93; ash 0,64 and 3,44; crude fiber 7,39 and 35,13; direct reducing sugars 5,78 and 13,59; total reducing sugars 7,34 and 15,18 (sugars expressed in g% of glucose) and vitamin C (mg%) 66,56 and 107,38 respectively. Regarding the analysis of bioactive compounds in fresh and dry samples, the results are: total polyphenols 147,16 and 423,02 mg GAE/g, flavonoids 8,67 and 12,99 mg quercetin/100g and total carotenes 0,28 and 1,09 mg/100g respectively. The antioxidant capacity in fresh and dry sample by DPPH presents an IC<sub>50</sub> of 11,19 and 31,06 µg/ml and by ABTS<sup>•+</sup> 7,87 and 13,79 µg/ml front of the Trolox respectively. There is a significant decrease in the nutritional value except in fiber and ash; bioactive compounds and antioxidant capacity

### Keywords

Convective drying, "tumbo serrano", *Passiflora tripartita* var. *mollissima*, nutritional value, antioxidant capacity, bioactive compounds.

# 1 INTRODUCCIÓN

El consumo de frutas es parte fundamental de una dieta saludable y balanceada tanto por su valor nutricional, componentes bioactivos y capacidad antioxidante. Su consumo se relaciona con un menor riesgo de mortalidad asociada principalmente a enfermedades causadas por estrés oxidativo<sup>1</sup>.

El tumbo serrano es una de las plantas nativas más antiguas del Perú, cultivado durante la era Mochica<sup>2</sup>. El Ministerio de Agricultura (Minagri)<sup>3</sup> menciona que se le conoce con muchos nombres comunes como *purocksha*, *tacso*, *tintin*, *tumbo del monte*, *poro poro*, *curuba*.

La producción de tumbo serrano es artesanal en huertos sólo para cubrir la demanda local. A diferencia de otras especies de Passifloras, las cuales poseen mayor importancia agronómica como la granadilla (*Passiflora ligularis*), maracuyá (*Passiflora edulis*) donde su producción durante el año 2016 fue 50 800 y 55 800 de TM respectivamente; sin embargo, la producción de tumbo serrano (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*) fue de 1236 TM<sup>4</sup>.

Actualmente la tendencia de los consumidores de frutas y vegetales es la adquisición de alimentos con características similares al estado fresco, por ello se hace necesario el uso de técnicas destinadas a la conservación de los alimentos de tal manera que permitan mantener las características sensoriales y extender la vida útil del fruto<sup>5</sup>.

Dentro de los métodos de conservación se encuentra la deshidratación, la cual se basa en una transferencia de calor al alimento que hace evaporar el agua que contiene y después hay que disponer de un sistema para eliminar el vapor de agua que se forma<sup>6</sup>. Según Muñoz *et al.* (2013) "existen diferentes tipos de secado, siendo el secado convectivo el mas empleado para la conservación de frutas"<sup>7</sup>.

En esta investigación se evalúa el efecto del SC sobre el valor nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. *mollissima* "tumbo serrano" con lo cual se busca aumentar la vida útil del producto y evitar su rápida perecibilidad.



### 1.1 Hipótesis

- El valor nutricional, compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante en pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. *mollisima* "tumbo serrano" no varía por efecto del secado convectivo.

### 1.2 Objetivos

#### A. Objetivo general

- Evaluar el efecto del secado convectivo sobre el valor nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. *mollisima* "tumbo serrano".

#### B. Objetivos específicos

- Determinar el valor nutricional en pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. *mollisima* "tumbo serrano" fresco y seco.
- Determinar el contenido de compuestos bioactivos en pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. *mollisima* "tumbo serrano" fresco y seco.
- Determinar la capacidad antioxidante en pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. *mollisima* "tumbo serrano" fresco y seco.

## 2 GENERALIDADES

### 2.1 *Passiflora tripartita* var. *mollissima* "tumbo serrano"

#### 2.1.1 Origen

La familia de las Passifloraceas está constituida por 500 especies, que se distribuyen en su mayoría en las zonas tropicales y subtropicales, la mayor parte de los géneros se sitúan en África oriental, de los 22 géneros solo cuatro se sitúan en América, siendo el género *Passiflora* el más grande de la familia y está constituido por más de 400 especies siendo el 90% endémicas de América. Se encuentra sembrada desde los 2.000 hasta los 2.600 m.s.n.m principalmente en regiones de cordillera de la zona andina<sup>8</sup>. *Passiflora tripartita* var. *mollissima* "curuba" (anteriormente conocida como *Passiflora mollissima* Bailey) es originaria de los Andes del continente americano principalmente de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, se caracteriza por ser una planta pubescente, de tallos cilíndricos, hojas aserradas trilobuladas pubescentes tanto por el haz como por el envés. Al madurar el fruto es oblongo, de color amarillo pálido, su pulpa posee un pH entre 3 y 3,5 y está conformada por mucilago color naranja que envuelve a sus semillas, lo que corresponde al 60% del peso del fruto<sup>9</sup>. Las semillas del fruto son numerosas y representan 7% del peso total, de color marrón oscuro con puntitos amarillos dispuestos en dos hileras, de forma ovalada y aplanada<sup>9</sup>.

La distribución geográfica de las especies y variedades es fluida; sin embargo, en el norte del Perú desde Cajamarca hasta Huaraz, Huánuco y Tarma predomina el *poro poro* (*Passiflora foetida*), en los valles de Apurímac y Cusco es más común el *tin tin* (*Passiflora pinnatistipula*), de fruto esférico y el *tumbo serrano* (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*) se encuentra desde el centro del Perú hasta Bolivia<sup>10</sup>. Dentro de las especies de frutales nativos en la zona sur del territorio peruano, en parte de la sierra media y alta, uno de los cultivos endémicos lo constituye el "tumbo serrano" cuyo nombre científico es *Passiflora tripartita* var. *mollissima*, este fruto tiene un alto valor nutritivo sumamente importante, fundamentalmente se debe al alto contenido de sustancias biológicamente activas como vitamina C, vitamina A y enzimas diversas<sup>11</sup>.

Con respecto a la vitamina C, el tumbo serrano tiene mayor contenido en comparación a las demás especies de Passifloras como granadilla y maracuyá lo que ayuda a una mayor eliminación de radicales libres y le confiere mayor poder antioxidante<sup>12</sup>.

Al ser una fruta climatérica resulta muy perecedera en su estado natural y se debe almacenar a una temperatura de 4°C a 8°C, con una humedad relativa del 80 a 90% de tal manera que conserve sus características físicas, químicas y organolépticas originales<sup>13</sup>.

### **2.1.2 Nombre común**

En Colombia se le conoce como "curuba", "tacso" (sur de Colombia y norte de Ecuador), "tintin" (Perú) y "tumbo serrano" (Perú y Bolivia)<sup>1</sup>, "granadilla cimarrona" en México y "parcha" en Venezuela<sup>14</sup>.

### **2.1.3 Taxonomía**

Según el certificado (ver anexo 2 ) corresponde a la clasificación de Cronquist (1988), *Passiflora tripartita* (Juss.) Poir.var. *mollissima* (Kunth) Holm-Niels.& P.Jorg y presentó la clasificación taxonómica siguiente:

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dileniidae

Orden: Violales

Familia: Passifloraceae

Género: Passiflora

Especie: *Passiflora tripartita* (Juss.) Poir. var. *mollissima* (Kunth) Holm-Niels.& P. Jorg

Nombre vulgar: "tumbo serrano"

### **2.1.4 Composición química**

El tumbo serrano sin cáscara contiene 84,5% de humedad, 2,1% de proteínas, 0,4% de grasa total, 12,1 % de carbohidratos totales, 4,8 % de fibra cruda, 1,0% de cenizas y 37 Kcal/100g<sup>15</sup>.

En un estudio sobre los macronutrientes de curuba larga en Colombia (Antioquia) se encontró humedad 77,93%, cenizas 0,55%, nitrógeno total 0,06%, proteína total 0,36%, carbohidratos totales 21,13% y calorías 86,26 Kcal/100g<sup>9</sup>.

### **2.1.5 Usos**

Se consume el estado maduro del tumbo serrano ya que posee mejores características organolépticas, utilizándolo en la preparación de jugos, mermeladas caseras. Adicionalmente, se considera a otras partes de las plantas con actividades diversas, por ejemplo, las hojas de *Passiflora tripartita* var. *mollissima* son aceptadas como componentes sedantes e hipnóticos en preparaciones fitofarmacéuticas<sup>16</sup>. En industria alimentaria, el fruto se usa para preparar licores, mermeladas, helados, jugos a partir de la pulpa congelada, para saborizar productos lácteos<sup>17</sup>.

## **2.2 Secado en alimentos**

La conservación de los alimentos considera la deshidratación, que busca disminuir la actividad bacteriana y deterioro del producto<sup>18</sup>, también permite alargar la vida útil de las frutas y pueda tener acceso a mercados más lejanos, además de poder contar con frutas en épocas que normalmente no se producen<sup>19</sup>. Los alimentos deshidratados tienen una vida útil casi ilimitada y sustancialmente a bajos costos de transporte, manejo y almacenamiento<sup>20</sup>.

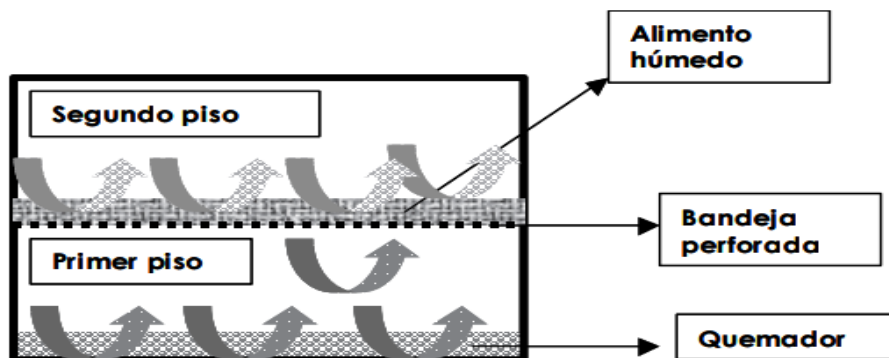
### **2.2.1 Secado convectivo**

El calor se puede aplicar al alimento por conducción, radiación o convección. El método más común para transferir el calor a frutas y verduras, en el proceso de deshidratación, es la utilización de una corriente de aire caliente, donde la convección es el principal fenómeno de transferencia<sup>19</sup>. En este proceso, el calor se transfiere al sólido mediante una corriente de aire caliente, el cual actúa como agente transportador de vapor de agua, de esta manera se elimina del sólido<sup>21</sup>; sin embargo, se debe tener en cuenta que esta técnica ocasiona cambios en las propiedades sensoriales (color, sabor, textura y viscosidad), físicas (encogimiento, endurecimiento) y químicas (valor nutritivo, la estabilidad) en los alimentos<sup>22</sup>.

### 2.2.2 Secadores convectivos

#### 1. Secadores de estufa

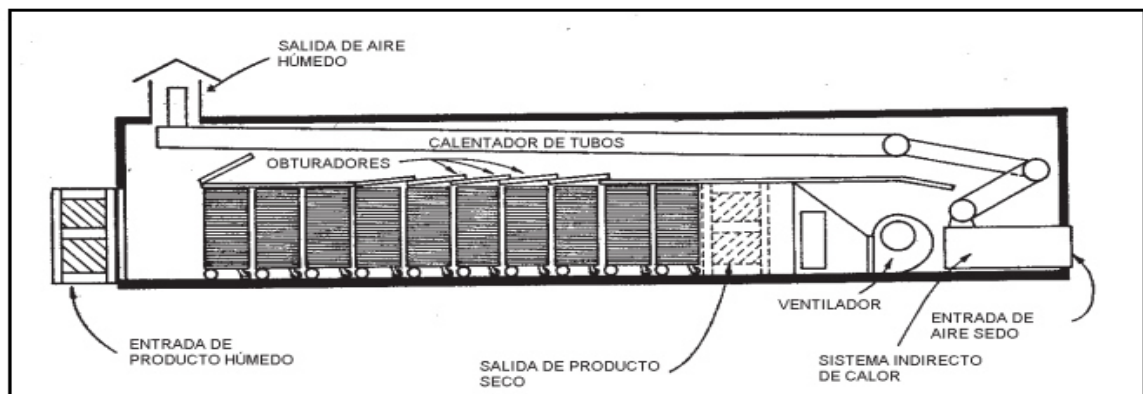
Es el más simple consta de un pequeño recinto en forma de paralelepípedo de dos pisos. El aire de secado se calienta en un quemador de piso inferior y atraviesa por convección natural o forzada al segundo piso perforado en el que se asienta el lecho de producto a secar<sup>21</sup>.



**Figura 1.** Secador de estufa. Fuente: Fito<sup>21</sup>.

#### 2. Secadores de túnel

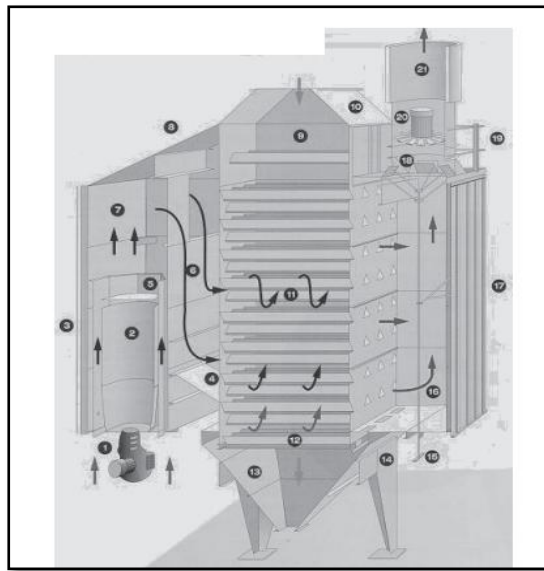
La muestra se coloca en bandejas, se cargan sobre carretillas que se trasladan a lo largo del túnel de secado. Cuando se introduce una nueva carretilla, la primera es evacuada conteniendo el producto seco, mientras las demás se adelantan una posición en su trayectoria<sup>21</sup>.



**Figura 2.** Secador de túnel. Fuente: Fito<sup>21</sup>.

### 3. Secadores de bandeja o de armario

Se hace circular aire caliente entre las bandejas por medio del ventilador acoplado al motor haciéndole pasar previamente por el calentador constituido por un haz de tubos por cuyo interior circula vapor de agua. Los tabiques distribuyen de manera uniforme el aire sobre las pilas de bandejas. Al final del ciclo de secado se saca de la cámara al conjunto de los bastidores para proceder a la descarga del producto seco y colocación de una nueva carga <sup>21</sup>.



**Figura 3.** Secador de bandejas o armario. Fuente: Fito<sup>21</sup>.

### 2.3 Compuestos bioactivos

Son componentes presentes en los alimentos que participan en la actividad celular y funciones del organismo siendo beneficiosos para la salud, estos se pueden clasificar en tres grandes grupos: terpenoides (carotenoides y esteroides); compuestos fenólicos (flavonoides) y compuestos azufrados<sup>23</sup>.

Los efectos beneficiosos se atribuyen a su poder antioxidante y actividades de captación de radicales que pueden retrasar o inhibir la oxidación del ADN, proteínas y lípidos<sup>24</sup>.

### 2.3.1 Carotenoides

#### a. Estructura y definición

Son bioactivos liposolubles, posee un esqueleto base el cual puede modificarse. Los carotenoides de hidrocarburos ( $\beta$ -caroteno, licopeno) se conocen como carotenos, y los derivados oxigenados se denominan xantofilas. Los sustituyentes de oxígeno comunes son los grupos hidroxilo (como en la  $\beta$ -criptoxantina), cetona (como en la cantaxantina), epoxi (como en la violaxantina) y aldehído (como en la  $\beta$ -citaurina). Los carotenoides pueden ser acíclicos (licopeno), monocíclicos ( $\gamma$ -caroteno) o dicíclicos ( $\alpha$  y  $\beta$  caroteno)<sup>25</sup>.

#### b. Funciones biológicas

El beta y alfa caroteno pueden actuar como precursores de la síntesis de vitamina A. La vitamina A es un nutriente esencial para el mantenimiento de las células epiteliales y reparación en el tracto respiratorio, urinario e intestinal, respuesta inmune<sup>26</sup> y reducción del riesgo de enfermedades degenerativas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, cataratas y degeneración macular. La acción de los carotenoides contra las enfermedades ha sido atribuida a su propiedad antioxidante, con la capacidad de inhibir la generación de radicales libres<sup>25</sup>.

### 2.3.2 Polifenoles

#### a. Estructura y definición

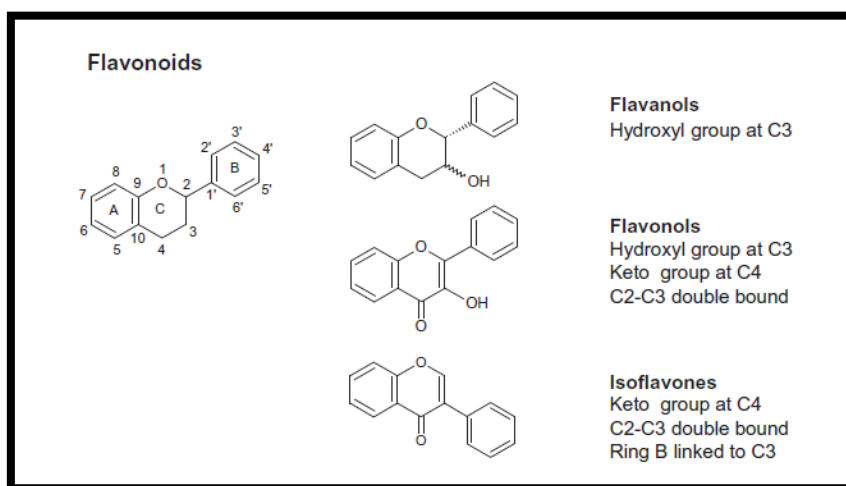
Compuestos que en su estructura molecular se caracteriza por tener uno o más anillos fenólicos, sintetizados por las plantas como producto de su metabolismo secundario, los cuales se consideran antioxidantes naturales.

Según Quiñones *et al.*(2012) "existen una amplia variedad de compuestos fenólicos y su clasificación dependerá del número de anillos fenólicos y elementos estructurales que acompañen a estos anillos. Podemos encontrar principalmente a ácidos fenólicos, alcoholes fenólicos, estilbenos, lignanos, y flavonoides"<sup>27</sup>.

Los flavonoides son los tipos más numerosos de fitoquímicos polifenólicos, tienen una estructura común C6 – C3 – C6 que consta de dos anillos aromáticos (A y B) unidos a través de una cadena de tres carbonos, generalmente organizados como

un heterociclo oxigenado (anillo C) (figura N° 4). Estos se pueden dividir en varias subfamilias según el grado de oxidación del heterociclo oxigenado, siendo relevantes para la dieta humana los flavanoles, flavanonas, flavonas, flavonoles, isoflavonas y antocianidinas<sup>28-29</sup>.

De acuerdo a Carmona *et al.*(2018) "los flavonoides son antioxidantes, compuestos antiinflamatorios y agentes reductores de grasa aunque estos compuestos tienen múltiples beneficios para la salud, su mecanismo de acción no es único debido principalmente a la abundancia de variabilidad estructural"<sup>30</sup>.



**Figura 4.** Estructura base de flavonoides. Fuente: Fraga<sup>28</sup>.

Según Fraga *et al.*(2010) "los compuestos fenólicos se encargan de inhibir las reacciones en cadenas de los radicales libres ya que los grupos OH fenólicos pueden reducir los radicales libres a través de la donación de un electrón"<sup>28</sup>.

## **b. Funciones biológicas**

Poseen múltiples beneficios biológicos para el ser humano, tales como la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles y neurodegenerativas, como el cáncer, diabetes, arterioesclerosis y otras enfermedades cardiovasculares<sup>9,31</sup>.

De acuerdo a Muñoz *et al.*(2007) "actúan como agentes protectores frente a patógenos, siendo secretados como mecanismo de defensa a condiciones de estrés, tales como infecciones, radiaciones UV"<sup>32</sup>.



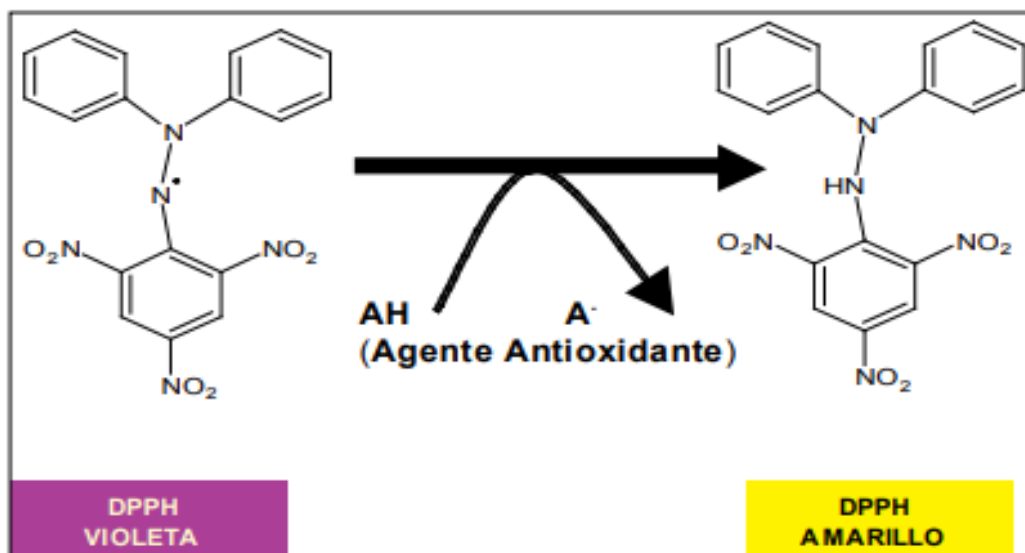
## 2.4 Capacidad antioxidante

Las capacidades antioxidantes de las frutas varían en función de su contenido en vitamina C, vitamina E, carotenoides, flavonoides y otros polifenoles<sup>32</sup>.

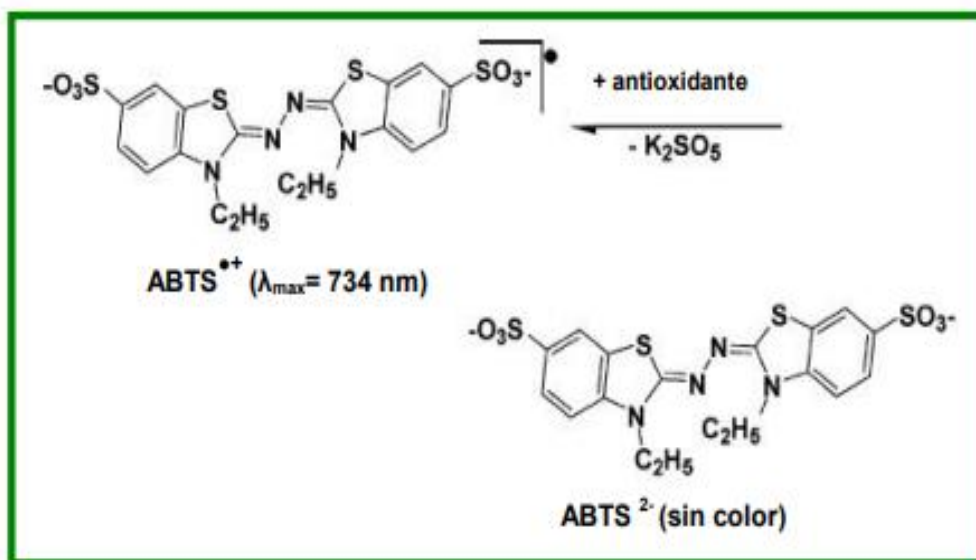
De acuerdo a Granado (2010) "la generación de especies reactivas de oxígeno forma parte del metabolismo normal de una célula, pero el desequilibrio entre su generación y neutralización puede conllevar a un estado de estrés oxidativo y desembocar en transformación cancerosa de las células"<sup>33</sup>.

Un radical libre es muy reactivo ya que tiende a reducirse. Cuando el radical libre obtiene el electrón que necesita para completar su electrón libre, la molécula estable que pierde el electrón se oxida y deja a otro electrón desapareado, convirtiéndose a su vez en un radical libre, generándose así una reacción en cadena<sup>34</sup>. Quintanar *et al.*(2009) también menciona que "los radicales libres de importancia biológica pueden clasificarse como especies reactivas de oxígeno, metales de transición y otros radicales libres como los de nitrógeno"<sup>34</sup>.

Se utilizan diferentes metodologías para evaluar la capacidad antioxidante de las frutas, en este trabajo se realizó por los métodos ABTS<sup>•+</sup> «2,2'-azino- bis - (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)» y (DPPH)«2,2-difenil-1-picrilhidracilo». El ABTS<sup>•+</sup> está indicado para evaluar la actividad antioxidante de compuestos hidrofílicos y lipofílicos, mientras el DPPH se utiliza para evaluar la actividad de compuestos lipofílicos<sup>35</sup>.



**Figura 5.** Método del 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH).  
Fuente: Castañeda<sup>36</sup>



**Figura 6.** Estructura química de la reacción entre el ABTS y persulfato potásico. Fuente: Marfil<sup>37</sup>

### **3 PARTE EXPERIMENTAL**

#### **3.1 Materiales y métodos**

##### **a. Material de laboratorio**

- Beaker de 500 mL.
- Buretas de 50 mL.
- Crisoles de porcelana.
- Desecador de vidrio de diámetro 150 mm.
- Embudo Buchner.
- Micropipetas de 100  $\mu$ L, 1000  $\mu$ L.
- Papel aluminio..
- Pipetas de 1,5 y 10 mL.
- Probetas de 10, 100, 250 mL.

##### **b. Equipos de laboratorio**

- Balanza analítica (OHAUS modelo Pioner)
- Espectrofotómetro ( GENESYS 10S UV-Vis)
- Equipo de baño maría ( MEMMERT)
- Mufla RELES.
- Molino de cuchillas ( BOSCH)
- Secador de bandejas ( INQUIMET)

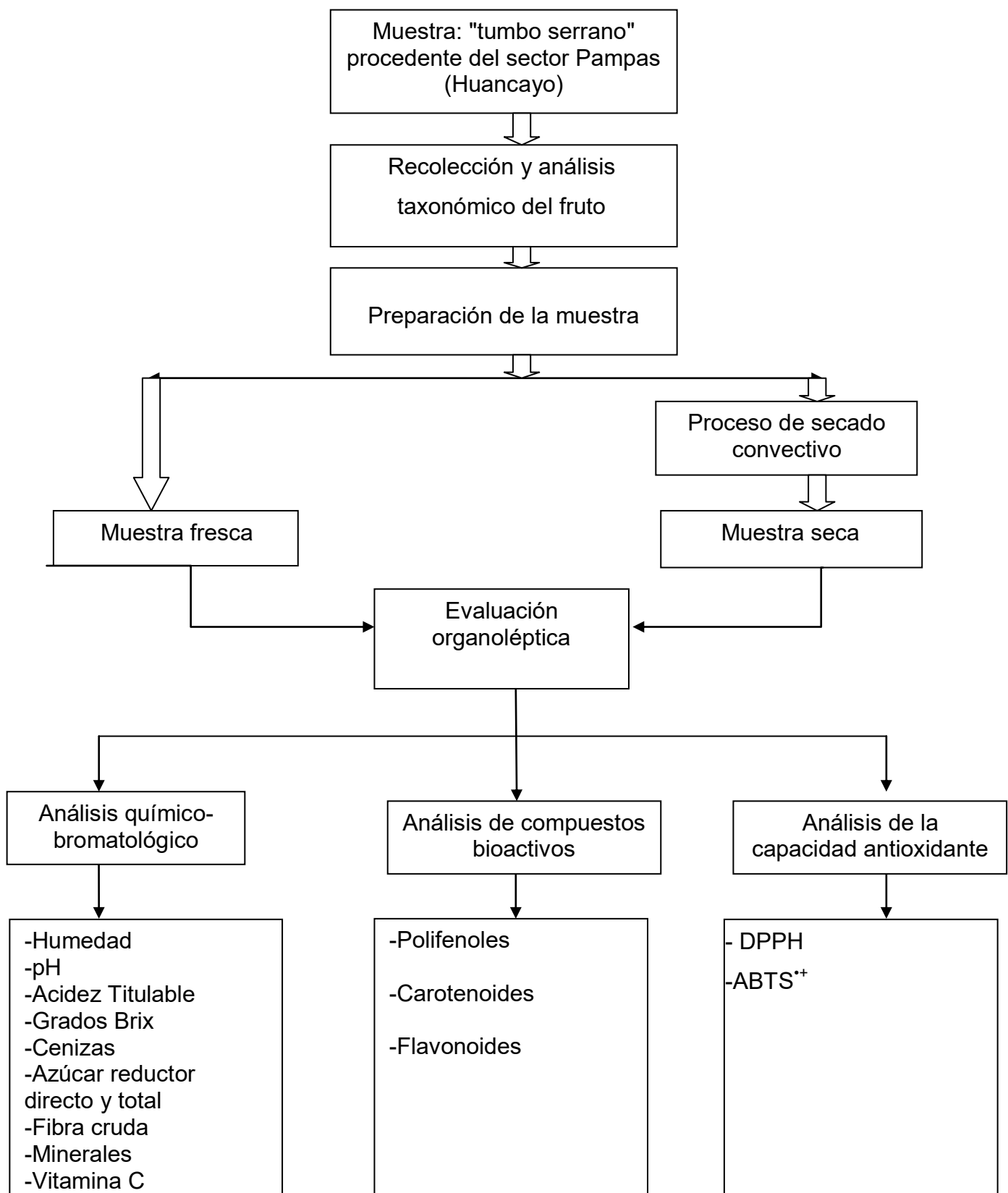
##### **c. Reactivos**

- Tricloruro de aluminio 10%
- Fenolftaleína 0,1%
- NaOH 0,1N, 1,25%
- Carbonato de sodio 7,5%
- Metanol químicamente puro
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1N, 1,25%
- Fehling A, B
- Etanol 96° (Inkafarma)
- Estándar de quercetina ( Merck ) ,Trolox y ácido gálico ( Sigma- Aldrich)
- Radical DPPH (Sigma-Aldrich)
- Radical ABTS<sup>•+</sup>

### **3.2 Metodología**

Tipo de estudio experimental-aplicativo, transversal y prospectivo.

Se realizó la evaluación en pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. *mollissima* "tumbo serrano" de acuerdo al diagrama de la figura 7.



**Figura 7.** Flujograma del método experimental. Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1 Recolección e identificación botánica

En conformidad a lo establecido por el Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre (OSINFOR), encargado de la supervisión y fiscalización del aprovechamiento sostenible y la conservación de los recursos forestales y fauna silvestre se pone en conocimiento que la extracción del recurso forestal *Passiflora tripartita* var. *mollisima* "tumbo serrano" con fines de investigación científica fue adquirido del sector de Pampas ubicado en el distrito de Chilca, provincia de Huancayo (región Junín) a través de un tercero (productor del fruto) a la vez indicar que este recurso no es exclusivo del territorio peruano. Las muestras fueron recolectadas entre los meses de enero-marzo, siendo estos meses los de mayor producción, una parte fue llevada al "Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM" para la realización de los ensayos correspondientes, la otra parte fue llevada al laboratorio de Procesos Industriales de la PUCP para obtener la muestra seca. Para la certificación taxonómica se llevaron las hojas, flores y el fruto de tumbo serrano (ver anexo 2)



**Figura 8.** Hojas, flores y fruto de *Passiflora tripartita* var. *mollisima* "tumbo serrano".

### 3.2.2 Preparación de muestra

#### a. Muestra fresca: *Según metodología Propia*

Se pesó toda la muestra enviada (5kg), se separó los frutos dañados, se retiró las partículas extrañas (hojas, tallos, tierra, pedúnculo) luego de procedió a lavar, secar cada uno de los frutos, para luego medirlas y pesarlas, después mediante un corte longitudinal se retiró la cáscara de la pulpa y semilla. Para los análisis se procedió a homogenizar la pulpa y semilla, los cuales constituyen la parte comestible del tumbo serrano.

#### b. Preparación de la muestra para el proceso de secado convectivo: *Según metodología Propia*

Se pesó toda la muestra (4.5 Kg), se separó los frutos dañados, se retiró las partículas extrañas (hojas, tallos, tierra, pedúnculo) después de procedió a lavar, secar cada uno de los frutos, luego mediante un corte longitudinal se retiró la cáscara, se utilizó 3,0 Kg de pulpa y semilla las cuales fueron colocadas en bandejas para su posterior secado.

#### c. Muestra seca: *Según metodología Propia*

Para los análisis correspondientes se procedió a moler la muestra seca, utilizando un molino de cuchillas.



**Figura 9.** Muestra fresca de tumbo serrano



**Figura 10.** Preparación de muestra para el proceso de secado convectivo

### **3.2.3 Evaluación de tumbo serrano fresco**

Se utilizaron los mismos métodos para la evaluación de muestra fresca y seca de tumbo serrano

#### **3.2.3.1 Organoléptico**

Para la evaluación organoléptica se hizo uso de los sentidos mediante el cual se determinó su color, sabor, olor, forma, textura externa e interna.

#### **3.2.3.2 Químico-bromatológico (A.O.A.C)**

##### **➤ Humedad**

**Método:** Gravimétrico<sup>38</sup>

##### **Fundamento**

Evaporación del agua a 105 °C hasta peso constante

##### **➤ pH**

**Método:** Potenciométrico<sup>39</sup>

##### **Fundamento**

Lectura potenciométrica de la actividad de iones hidrógenos

##### **➤ Acidez total**

**Método:** Acidez Titulable<sup>38</sup>

##### **Fundamento**

Neutralización de la acidez con una solución de soda utilizando un indicador

##### **➤ Grados Brix**

**Método:** Refractométrico<sup>40</sup>

##### **Fundamento**

Cambio de dirección que sufren los rayos luminosos en el límite de separación de dos medios en los cuales es distinta la velocidad de propagación.

##### **➤ Cenizas**

**Método:** Calcinación directa<sup>38</sup>

##### **Fundamento**

Destrucción de la materia orgánica por calcinación en mufla a 500 °C hasta la obtención de cenizas blancas.



➤ **Azúcares reductores directos y totales**

**Método:** Volumétrico de Lane y Eynon<sup>38</sup>

**Fundamento**

Se basa en la capacidad reductora del azúcar para reducir el cobre y formar óxido cuproso en medio alcalino hirviendo.

➤ **Fibra cruda**

**Método:** Hidrólisis ácida-básica<sup>38</sup>

**Fundamento**

Digestión secuencial ácida y alcalina, para obtener un residuo, el cual corresponderá a la fibra cruda y será cuantificada gravimétricamente.

➤ **Minerales**

**Método:** Absorción atómica<sup>41</sup>

**Fundamento**

se basa en la atomización de la muestra en solución, generando átomos libres expuesta a una determinada longitud de onda emitida por una lámpara de cátodo hueco.

➤ **Vitamina C**

**Método:** Volumétrico 2,6 diclorofenolindofenol<sup>38</sup>

**Fundamento**

Se basa en la capacidad reductora de la vitamina C, de manera que al reaccionar con sustancias oxidantes produce un compuesto incoloro.

**3.2.3.3 Compuestos bioactivos**

• **Carotenos**

**Método:** "Espectrofotométrico UV visible"<sup>42</sup>

**Fundamento**

Se basa en la extracción con solvente seguida de la detección espectrofotométrica UV-Vis. El compuesto objetivo se extraerá con disolventes orgánicos en condiciones de oscuridad, la concentración de carotenoides se determinará por la curva de calibración utilizando beta caroteno como sustancia patrón.

- **Polifenoles**

**Método:** Folin-Ciocalteu<sup>43</sup>

**Fundamento**

Consiste en la generación de un complejo de color azul proporcional a la cantidad total de compuestos fenólicos que son detectados espectrofotométricamente.

- **Flavonoides**

**Método:** Tricloruro de aluminio<sup>44-45</sup>

**Fundamento:**

Se basa en la formación de complejos estables del cation aluminio con flavonoides en metanol y la determinación espectrofotométrica del complejo formado, que proporciona un desplazamiento hacia longitudes de onda mayores y una intensificación de la absorción.

### 3.2.3.4 Capacidad antioxidante in vitro

- **Método DPPH**<sup>46</sup>

**Fundamento:**

Medición de la capacidad antioxidante de compuestos o extractos específicos cuando se deja reaccionar con un radical estable, 2,2-difenil-picrilhidracilo en una solución de metanol, la reducción de DPPH es seguida por el monitoreo de la disminución de su absorbancia siendo medida a 517 nm.

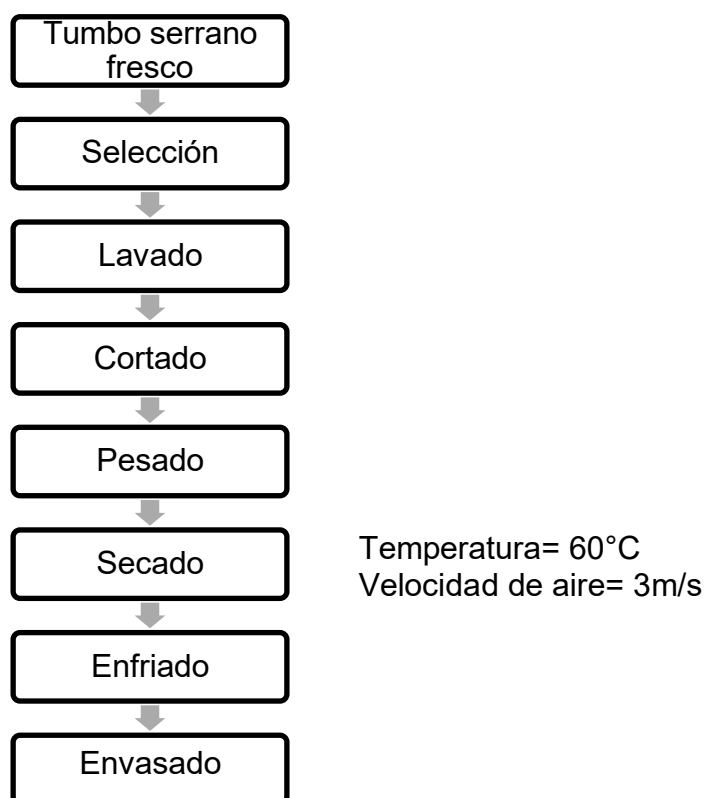
- **Método ABTS**<sup>47</sup>

**Fundamento**

Se fundamenta en la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical catión coloreado ABTS<sup>•+</sup> mediante la cuantificación de la decoloración del radical ABTS<sup>•+</sup> a 734 nm

### 3.2.4 Secado convectivo de tumbo serrano

El tumbo serrano se secó utilizando el secador de bandejas del laboratorio de procesos industriales de la PUCP con las siguientes condiciones: velocidad de aire 3 m/s, temperatura de secado 60 °C como se observa en la figura 11.



**Figura 11.** Diagrama del proceso de SC de tumbo serrano.  
Fuente: Esquema Propio

#### Procesos

- 1. Selección:** En esta etapa se retiró los frutos dañados, se escogió para trabajar los frutos maduros de tumbo serrano.
- 2. Lavado:** En esta etapa se utilizó agua potable con 10 mL de hipoclorito de sodio 0,1% para eliminar restos de tierra, hojas y pedúnculo.
- 3. Cortado:** En esta etapa con ayuda de un cuchillo se separó la cáscara de la pulpa y semilla.
- 4. Pesado:** Se pesó 3 Kg de pulpa y semilla de tumbo serrano fresco, los cuales fueron distribuidos de manera uniforme en las bandejas del secador.
- 5. Secado:** Una vez distribuidas la muestra en las bandejas se procedió a colocarlas dentro del secador con las condiciones de 60°C a 3 m/s, luego de

cada cierto tiempo eran pesadas y rotadas de lugar para asegurar un secado homogéneo.

**6. Enfriado:** Luego del proceso de secado se dejó enfriar a temperatura ambiente por unos minutos antes de proceder al embasado hermético.

**7. Envasado:** Se envasó la pulpa y semilla del tumbo serrano seco en bolsas de aluminio selladas herméticamente a vacío.

### **3.2.5 Evaluación de tumbo serrano seco**

La pulpa y semilla de tumbo serrano seco fue molida utilizando un molino de cuchillas.

### **3.2.6 Análisis estadístico**

Se analizaron en base seca, en el programa estadístico JASP, se utilizó la prueba T para muestras independientes la cual permite evaluar las diferencias significativas que pueden presentarse entre dos grupos cuando cumplen los requisitos para pruebas paramétricas y la U de Mann-Whitney para pruebas no paramétricas<sup>48</sup>.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Tumbo serrano fresco

#### 4.1.1 Organoléptico

**Tabla 1.** Evaluación organoléptica .

Muestra	Color	Olor	Sabor	T. externa	Forma	T. interna
Fresca	Amarillo	Sui generis	Ácido	Lisa	Elipsoidal	Gelatinosa

Análisis realizados por triplicado (n=3)  
T=Textura

**Tabla 2.** Análisis físico-morfológico

	Valores
Largo (cm)	9,88 ±0,42
Ancho (cm)	3,55 ±0,21
Peso (g)	71,93 ± 10,11

Valor promedio (n=22)

#### 4.1.2 Químico- bromatológico

**Tabla 3.** Valores de pH, acidez y grados Brix .

	Valores
pH (24.6°C)	3,43 ± 0,04
Acidez titulable*	2,80±0,076
Brix	10,033 ± 0,03

Valor promedio (n=3)

\* Acidez expresado en ácido cítrico( g%)

Con los resultados obtenidos observamos que la muestra fresca posee un pH ácido, el porcentaje de acidez titulable fue expresado en ácido cítrico y el valor de grado Brix que nos representa la cantidad de sólidos solubles (g) en 100 g de solución.

**Tabla 4.** Valores de la composición química- bromatológica

<b>Análisis</b>	<b>Base Húmeda</b>	<b>Base Seca</b>
Humedad (g%)	82,41±0,77	0,00
Cenizas (g%)	0,64± 0,09	3,66±0,51
Fibra (g%)	7,39±0,72	42,03±4,08
Azúcares reductores directos (g%)	5,78±0,15	32,86±0,85
Azúcares reductores totales (g%)	7,34±0,18	41,76±1,02
Vitamina C (mg%)	66,56±1,50	378,44±8,52

Valores promedios (n=3)

Azúcares reductores directos y totales expresados en g% de glucosa

Con los valores obtenidos se puede apreciar que la fruta en su estado natural, base húmeda, resalta por su gran contenido de agua y vitamina C.

**Tabla 5.** Minerales en pulpa y semilla de tumbo serrano fresco

<b>Minerales</b>	<b>Base Húmeda</b>	<b>Base Seca</b>
Ca(mg%)	2,97	16,90
Mg(mg%)	36,61	208,11
K(mg%)	64,29	365,46
P(mg%)	9,93	56,45
Zn(ppm)	2,66	15,13
Fe(ppm)	3,31	18,83
Cu(ppm)	0,64	3,66

Resultados son expresados con valores (n=1)

ppm=partes por millón

Se presenta la cantidad de minerales obtenidas en pulpa y semilla de tumbo serrano fresco en base húmeda y base seca, observándose gran cantidad de potasio como elemento macromineral y elevada cantidad de hierro como elemento micromineral.

### 4.1.3 Compuestos bioactivos

**Tabla 6.** Valores de los compuestos bioactivos

Compuestos bioactivos	Base Húmeda	Base Seca
Polifenoles totales*	147,16± 5,21	836,65±29,60
Flavonoides**	8,67±0,04	49,30±0,22
Carotenos totales (mg%)	0,28±0,01	1,56±0,04

Valores promedios (n=3)

\* Expresados en mg de ácido gálico/g

\*\* Expresados como mg de quercetina/100g

Se puede observar que dentro de los compuestos bioactivos evaluados los polifenoles totales se encuentran en mayor cantidad.

### 4.1.4 Capacidad antioxidante

**Tabla 7.** Valores de la capacidad antioxidante

Capacidad antioxidante	Base Húmeda	Base Seca
DPPH*	90,90± 3,49	516,78±19,84
ABTS**	124,94± 2,17	710,31±12,35

Valores promedios (n=3)

\* Expresado en  $\mu\text{mol}$  Trolox/g

Podemos observar que los valores obtenidos mediante el método ABTS\*\* en base húmeda y seca son mayores respecto a los valores obtenidos mediante el DPPH.

### A. DPPH

Con los resultados obtenidos de  $\text{IC}_{50}$  se puede apreciar que se necesita una mayor concentración del extracto de tumbo fresco con respecto del Trolox (3,37  $\mu\text{g/ml}$ ) para reducir en un 50% al DPPH

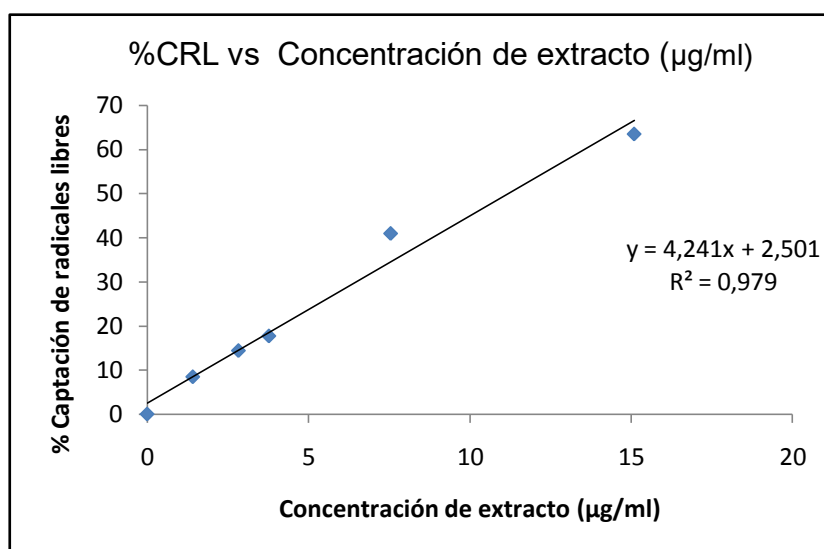
**Tabla 8.** %CRL del extracto de tumbo serrano fresco por DPPH

Concentración (µg/ml)	%CRL	IC <sub>50</sub> (µg/ml)
15,1041	63,5643	11,1999
7,5520	40,9900	
3,7760	17,7227	
2,8320	14,4059	
1,4160	8,4626	
0	0	

CRL: Captación de radicales libres

IC<sub>50</sub> : Concentración inhibitoria media máxima

En la gráfica %CRL vs la concentración de extracto etanólico de tumbo serrano fresco (µg/ml) se puede apreciar que existe una relación directa



**Figura 12.** %CRL del extracto de tumbo serrano fresco por DPPH

## B. ABTS<sup>•+</sup>

Con los resultados obtenidos de IC<sub>50</sub> se puede apreciar que se necesita una mayor concentración del extracto de tumbo fresco con respecto del Trolox (2,61 µg/ml) para reducir en un 50% al ABTS<sup>•+</sup>

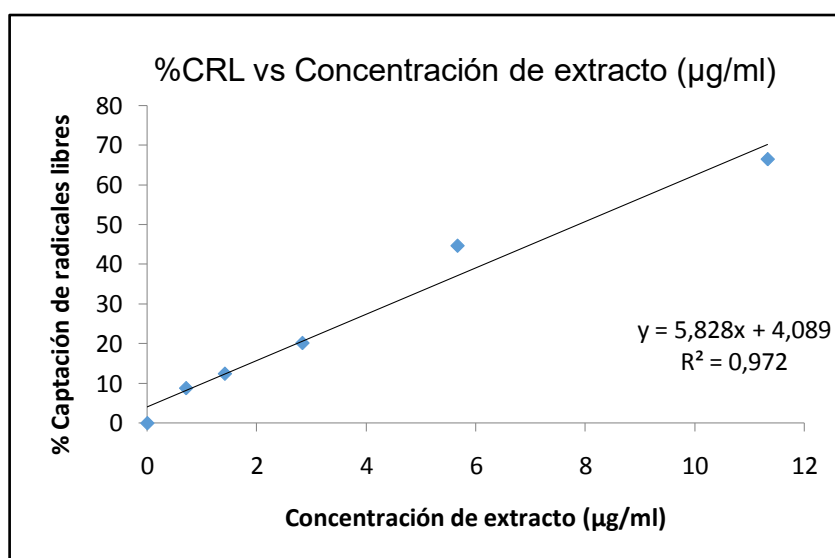


**Tabla 9.** %CRL del extracto de tumbo serrano fresco por ABTS<sup>•+</sup>

Concentración (µg/ml)	%CRL	IC <sub>50</sub> (µg/ml)
11,3281	66,4074	7,8776
5,6640	44,6345	
2,8320	20,1658	
1,4160	12,4416	
0,7080	8,8128	
0	0	

CRL: Captación de radicales libres  
IC<sub>50</sub> : Concentración inhibitoria media máxima

Podemos observar en la gráfica %CRL vs concentración de extracto (µg/ml) de tumbo serrano existe una relación directamente proporcional



**Figura 13.** %CRL del extracto de tumbo serrano por ABTS<sup>•+</sup>

## 4.2 Secado convectivo

Las condiciones del proceso de secado convectivo fueron: temperatura 60 °C, velocidad de aire de 3 m/s y tiempo total de secado 10 horas.

**Tabla 10.** Condiciones de secado

Temperatura evaluada (°C)	Velocidad de aire (m/s)	Tiempo (h)
60	3	10

Con los resultados se observa que la muestra fresca de tumbo serrano después del proceso de secado convectivo presentó reducción en el valor de humedad y aumento en los sólidos totales.

**Tabla 11.** Humedad y sólidos totales en tumbo serrano fresco y seco

Muestra	Humedad (g%)	Sólidos totales(g%)
Fresca	82,41±0,76	17,59±0,76
Seca (60°C)	10,93 ±1,31	89,07±1,31

Análisis realizados por triplicado

## 4.3 Tumbo serrano seco

### 4.3.1 Organoléptico

**Tabla 12.** Evaluación organoléptica

Muestra	Color	Olor	Sabor	T. externa	Forma	T. interna
Seca	Naranja	Sui generis	Ácido	Rugosa	Irregular	Rugosa

Análisis realizados por triplicado

T=Textura

### 4.3.2 Químico-bromatológico

**Tabla 13.** Valores de pH, acidez y grados Brix

	Resultados
pH (24.6°C)	3,36±0,04
Acidez titulable*	7,64±0,21
Brix	50,00± 0.00

Valores promedios (n=3)

\* Acidez expresado en ácido cítrico(g%)

Con los resultados observamos que la muestra seca posee un pH ácido, el porcentaje de acidez titulable fue expresado en ácido cítrico, el valor de grados Brix nos representa la cantidad de sólidos solubles presente en el producto seco el cual se observa tiene un valor alto.

**Tabla 14.** Valores de la composición química bromatológica en pulpa y semilla de tumbo serrano seco

<b>Análisis</b>	<b>Base Húmeda</b>	<b>Base Seca</b>
Humedad (g%)	10,93±1,31	0,00
Cenizas (g%)	3,44± 0,32	3,86±0,37
Fibra (g%)	35,13±2,53	39,44±2,84
Azúcares reductores directos (g% de glucosa)	13,59±0,00	15,26±0,00
Azúcares reductores totales (g% de glucosa)	15,18±0,70	17,06± 0,79
Vitamina C (mg%)	107,38±1,48	120,55±1,66

Valores promedios (n=3)

Con los resultados de los análisis de la composición química-bromatológica en pulpa y semilla de tumbo serrano seco en base húmeda y seca, se aprecia en base húmeda la concentración de los componentes nutricionales debido a la evaporación del agua.

**Tabla 15.** Minerales en pulpa y semilla de tumbo serrano seco

<b>Minerales</b>	<b>Base Húmeda</b>	<b>Base Seca</b>
Ca (mg%)	0,51	0,56
Mg (mg%)	2,28	2,55
K (mg%)	30,59	34,34
P (mg%)	4,12	4,62
Zn (ppm)	0,30	0,33
Fe (ppm)	0,52	0,59
Cu (ppm)	0,24	0,28

Resultados son expresados con valores (n=1)

ppm=partes por millón

Con los resultados obtenidos se puede apreciar la cantidad de minerales en pulpa y semilla de tumbo serrano seco mediante secado convectivo en base húmeda y base seca, observándose gran cantidad de potasio como elemento macromineral y elevada cantidad de hierro como elemento micromineral.

### 4.3.3 Compuestos bioactivos

**Tabla 16.** Valores de compuestos bioactivos en pulpa y semilla de tumbo serrano seco

Compuestos bioactivos	Base Húmeda	Base Seca
Polifenoles totales *	423,02±22,96	474,93±25,78
Flavonoides **	12,99±0,36	14,58±0,41
Carotenos totales (mg%)	1,09±0,04	1,23±0,04

Valores promedios (n=3)

\* Expresados en mg de ácido gálico/g

\*\* Expresados como mg de quercetina/100g

Con los valores obtenidos de compuestos bioactivos podemos apreciar que resalta el gran contenido de polifenoles totales.

### 4.3.4 Capacidad antioxidante

**Tabla 17.** Valores de la capacidad antioxidante en pulpa y semilla de tumbo serrano seco

Capacidad antioxidante	Base Húmeda	Base Seca
DPPH*	239,19±3,30	268,55±3,70
ABTS <sup>++</sup> *	461,21±16,01	517,81±17,97

Resultados son expresados con valores promedios ± desviación estándar (n=3)

\* Expresado en µmol Trolox/g

Con los resultados obtenidos se puede apreciar que mediante el ABTS<sup>++</sup> se logra valores aproximadamente el doble respecto a los valores de DPPH.

#### A. DPPH

Con los resultados se puede apreciar que se necesita una mayor concentración del extracto de tumbo seco con respecto a tumbo fresco (11,19 µg/ml) para reducir en un 50% al DPPH

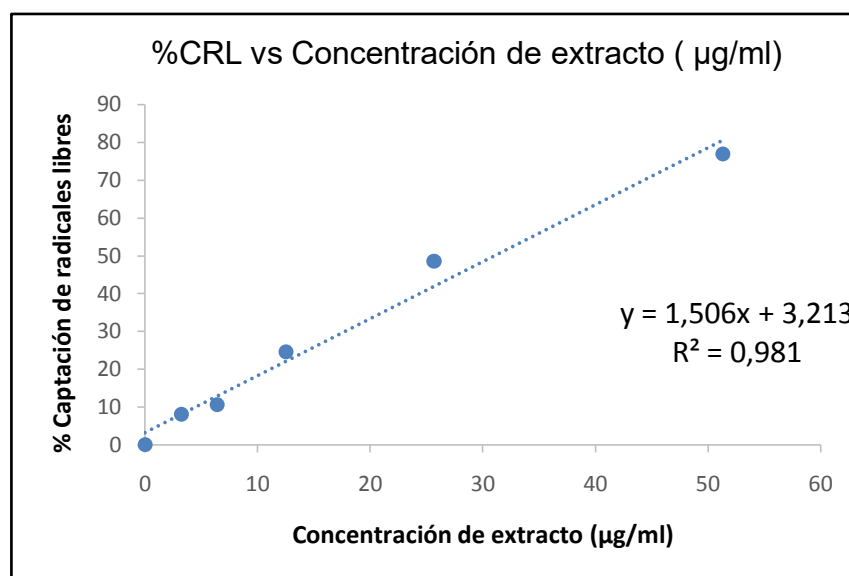
**Tabla 18.** % CRL del extracto de tumbo serrano seco por DPPH

Concentración (µg/ml)	%CRL	IC <sub>50</sub> (µg/ml)
51,302	76,8558	31,0670
25,651	48,4716	
12,5285	24,5633	
6,4127	10,6441	
3,2063	8,0240	
0	0	

CRL: Captación de radicales libres

IC<sub>50</sub> : Concentración inhibitoria media máxima

La gráfica muestra que existe una relación directa entre el %CRL y las concentraciones de extracto de tumbo serrano seco (µg/ml).



**Figura 14.** %CRL del extracto de tumbo serrano seco por DPPH

## B. ABTS<sup>•+</sup>

Con los resultados obtenidos observamos que se necesita una mayor concentración del extracto de tumbo seco con respecto a la muestra fresca (7,87 µg/ml) para reducir en un 50% al ABTS<sup>•+</sup>.

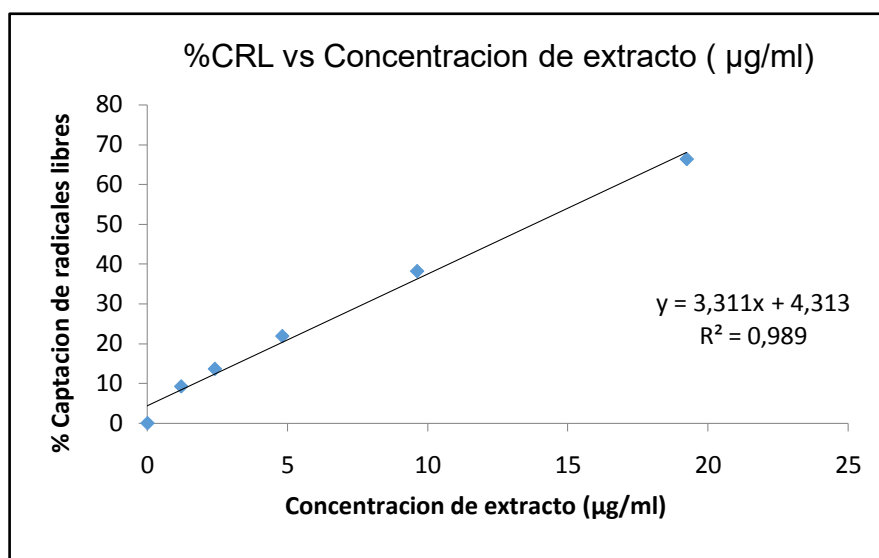
**Tabla 19.** %CRL del extracto de tumbo serrano seco por ABTS<sup>++</sup>

Concentración (µg/mL)	%CRL	IC <sub>50</sub> (µg/mL)
19,2382	66,3556	13,7985
9,6191	38,2063	
4,8095	21,8766	
2,4047	13,6340	
1,2023	9,2275	
0	0	

CRL: Captación de radicales libres

IC<sub>50</sub> : Concentración inhibitoria media máxima

En la gráfica podemos observar que existe una relación directa entre el %CRL y la concentración del extracto de tumbo serrano seco (µg/ml).



**Figura 15.** %CRL del extracto de tumbo serrano seco por ABTS<sup>++</sup>.

#### 4.4 Análisis estadístico

En los ulteriores cuadros se aprecia la comparación de los resultados obtenidos en base seca de pulpa y semilla de tumbo serrano mediante el programa estadístico JASP aplicando estadísticas paramétricas como la prueba T para muestras independientes y pruebas no paramétricas como la U de Mann-Whitney.

**Tabla 20.** Comparación de valores de humedad entre muestra fresca y seca de tumbo serrano

Muestra	Humedad (g%)
Fresco	82,41 ± 0,76 <sup>a</sup>
Seco	10,93±1,31 <sup>b</sup>

Valores promedios (n=3)

Valores con superíndice diferente indican diferencias significativas (p<0,05)

**Tabla 21.** Comparación de valores de acidez y grados Brix entre muestra fresca y seca de tumbo serrano expresados en base seca

	Fresco (Base seca)	Seco (Base seca)
Acidez Titulable (g%)	15,91 ±0,42 <sup>a</sup>	8,58 ± 0,24 <sup>b</sup>
Grados Brix (g%)	57,04±0,16 <sup>a</sup>	56,14±0,00 <sup>b</sup>

Valores promedios (n=3)

Valores con superíndices diferentes indican diferencias significativas (p<0,05)

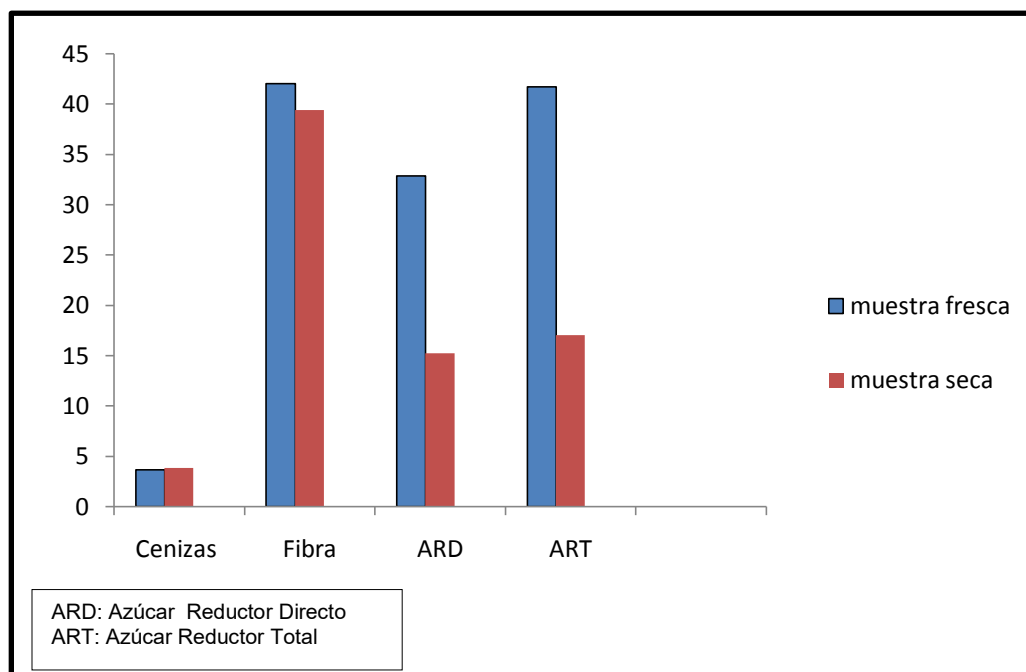
**Tabla 22.** Comparación de la composición química -bromatológica entre muestra fresca y seca de tumbo serrano expresados en base seca

Análisis	Fresco (Base seca)	Seco (Base seca)
Cenizas (g%)	3,66±0,51 <sup>a</sup>	3,86±0,37 <sup>a</sup>
Fibra (g%)	42,03±4,08 <sup>a</sup>	39,44±2,84 <sup>a</sup>
Azúcares reductores directos (g%)	32,86±0,85 <sup>a</sup>	15,26±0,00 <sup>b</sup>

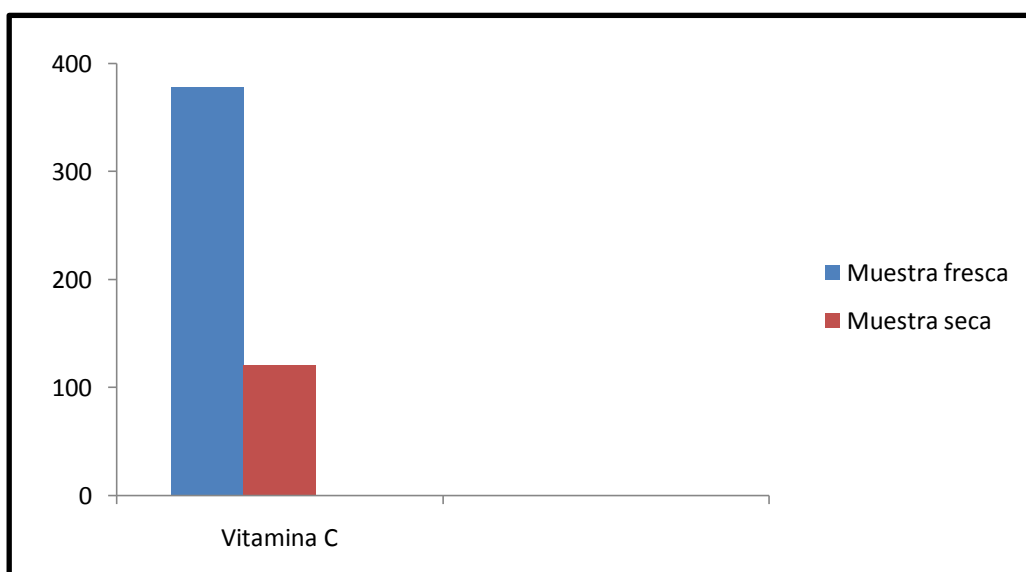
Azúcares reductores totales (g%)	41,72±1,02 <sup>a</sup>	17,06±0,79 <sup>b</sup>
Vitamina C (mg%)	378,44±8,52 <sup>a</sup>	120,55±1,66 <sup>b</sup>

Valores promedios (n=3)

Valores con superíndice diferente indican diferencias significativas (p<0,05)



**Figura 16.** Efecto del SC sobre la composición químico-bromatológico



**Figura 17.** Efecto del SC sobre el valor de Vitamina C



**Tabla 23.** Comparación de los compuestos bioactivos entre muestra fresca y seca de tumbo serrano expresados en base seca

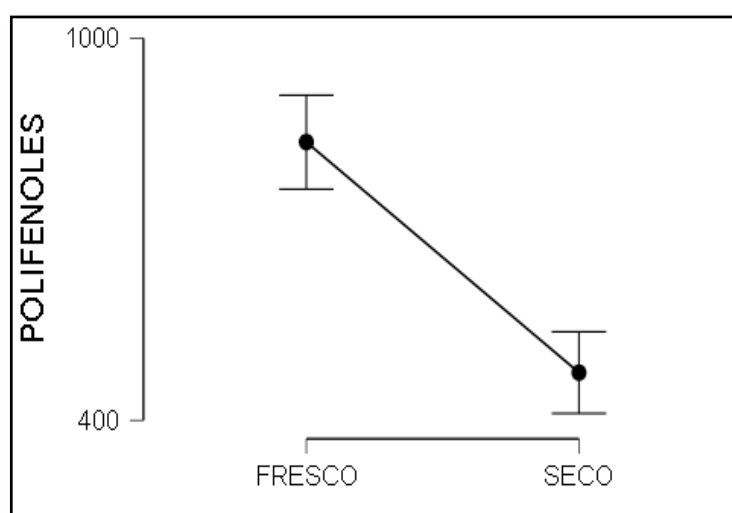
	Fresco (Base seca)	Seco (Base seca)
Polifenoles totales*	836,65±29,60 <sup>a</sup>	474,93±25,78 <sup>b</sup>
Flavonoides**	49,30±0,22 <sup>a</sup>	14,58±0,41 <sup>b</sup>
Carotenos totales (mg%)	1,56±0,04 <sup>a</sup>	1,23±0,05 <sup>b</sup>

Valores promedios (n=3)

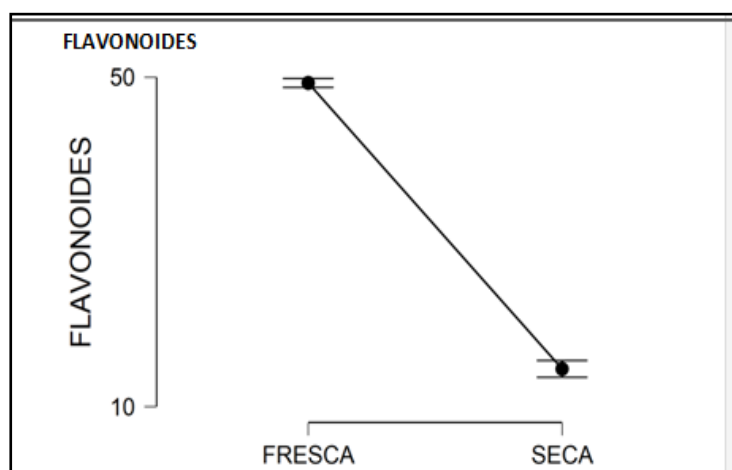
Valores con superíndice diferente indican diferencias significativas (p<0,05)

\* Expresados en mg de ácido gálico/g

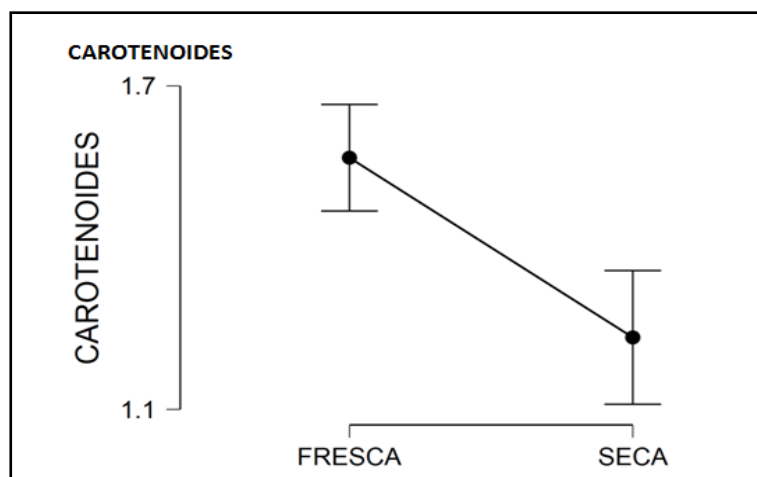
\*\* Expresados como mg de quercetina/100g



**Figura 18.** Efecto del SC en el contenido de polifenoles



**Figura 19.** Efecto del SC en el contenido de flavonoides



**Figura 20.** Efecto del SC en el contenido de carotenoides

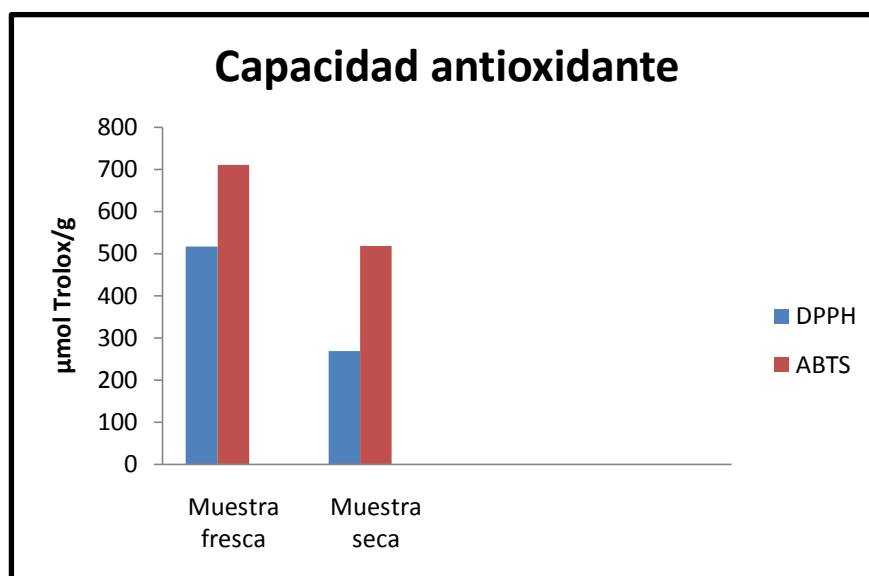
**Tabla 24.** Comparación de la capacidad antioxidante entre muestra fresca y seca de tumbo serrano expresados en base seca

	Fresco (Base seca)	Seco (Base seca)
DPPH *	516,78±19,84 <sup>a</sup>	268,55±3,70 <sup>b</sup>
ABTS <sup>++</sup>	710,31±12,35 <sup>a</sup>	517,81± 17,97 <sup>b</sup>

Valores promedios (n=3)

Valores con superíndice diferente indican diferencias significativas (p<0,05)

\*Unidades  $\mu\text{mol Trolox/g}$



**Figura 21.** Efecto del SC sobre la capacidad antioxidante del extracto de tumbo serrano

## 5 DISCUSIÓN

En cuanto a la evaluación organoléptica del fruto fresco dados en la tabla 1 condice con lo expuesto por García *et al.*<sup>49</sup> quienes mencionan que el fruto es de forma ovalada, amarilla en estado maduro, la pulpa es gelatinosa y rodea las semillas negras, también condice con lo expuesto por Rojano *et al.*<sup>50</sup> respecto al sabor ácido y astringente; en cuanto a la muestra seca esta irregularidad en la forma, textura rugosa y cambio en color, olor se debería según Fernández<sup>51</sup> a la temperatura de exposición para su secado lo que provocó un aumento en la contracción y la dureza así como cambios en las características organolépticas. Las características físicas morfológicas del fruto fresco dadas en la tabla 2 se encuentran dentro del rango reportado por Esquerre *et al.*<sup>52</sup> el cual menciona que el fruto en balla procedente de Lambayeque posee las dimensiones de 6-11 de largo y 3-4,5 cm de ancho; sin embargo, García *et al.*<sup>49</sup> reportaron que en Ecuador este fruto conocido como taxo puede llegar a medir de 8-15 cm de largo ya que en esta especie la variabilidad genética es muy alta por lo que existe gran heterogeneidad de plantas y frutos que se diferencian en el tamaño, forma, color, rendimiento, resistencia sanitaria y composición química<sup>50</sup>.

La humedad encontrada en pulpa y semilla de muestra fresca de tumbo serrano fue 82,41%, también se reportó que el tumbo serrano sin cáscara contiene 84,5% de humedad<sup>15</sup>, en otro estudio realizado por León<sup>53</sup> de este fruto procedente de los valles interandinos del Perú se encontró 93% de humedad; sin embargo, en el estudio realizado por Chaparro *et al.*<sup>9</sup> en la Universidad de Antioquia (Colombia) sobre las características nutricionales y antioxidantes de curuba larga se obtuvo humedad 77,93%, estas diferencias se deberían al lugar de procedencia, las diferencias climáticas y ambientales que ocasionan cambios en el contenido de nutrientes del terreno, la influencia de la luz solar por las diferencias geográficas pueden influir en el contenido de estos componentes<sup>9</sup>. Con respecto a la muestra secada por convección a 60°C se obtuvo humedad 10,93% esta disminución debida a la acción de la temperatura. Dentro de los factores que influyen en el proceso de SC se encuentran la temperatura, humedad relativa y velocidad de circulación de aire<sup>54</sup>. En nuestro estudio la velocidad de circulación de aire fue 3 m/s esto permitió según Ellwanger *et al.* (2009) "la trasmisión de energía requerida

para calentar el agua contenida en el material facilitando su evaporación y en segundo lugar, transportar la humedad saliente del material"<sup>54</sup>

El valor de grados Brix encontrado en pulpa y semilla de muestra fresca de tumbo serrano fue de 10,03 cercano a lo reportado por Encina<sup>14</sup> quienes encontraron que los grados Brix de muestra fresca provenientes de Ayacucho obtenidos luego del proceso de pulpeado fue 12, también Téllez *et al.*<sup>55</sup> mencionan que los grados Brix en muestra fresca de tumbo serrano oscilan entre 8-10 esto podría deberse según Miranda *et al.*<sup>56</sup> a la alta radiación solar ya que esto aumenta el potencial de rendimiento, la coloración y los grados Brix del fruto, además Lizana *et al.*<sup>57</sup> mencionan que en los momentos de máxima intensidad respiratoria la concentración de sólidos solubles es máxima. En cuanto al grado Brix encontrado en la muestra seca fue 50 observándose incremento con respecto a la muestra fresca; este incremento de los sólidos solubles también se evidenció en el estudio realizado por Encalada<sup>58</sup> sobre el efecto de la temperatura y el espesor en el proceso de deshidratado de mango donde se encontró 57,22 °Brix en mango deshidratado por aire caliente a diferencia del mango fresco con 14,41 °Brix.

Con respecto a los resultados obtenidos en el análisis químico-bromatológico en pulpa y semilla de tumbo serrano se observa incremento en los valores de muestra seca en comparación con los valores obtenidos en muestra fresca, esto debido a la evaporación del agua, por ello la concentración de los nutrientes en muestra seca; sin embargo, para la comparación del valor nutricional en ambas muestras se realizará en base a materia seca<sup>59</sup>.

Las frutas son fuentes valiosas de minerales, al analizar el contenido de minerales en muestra fresca se encontró en mg% 2,97 Ca, 9,93 P, 36,61 Mg, 64,29 K y los microminerales de Fe, Cu y Zn fueron 3,31, 0,64 y 2,66 ppm respectivamente, Cárdenas *et al.*<sup>60</sup> mencionan que según la Tabla de composición de alimentos colombianos en curuba se evidenció en 100g de parte comestible 4 mg Ca, 2 mg P, 0,4 mg de Fe, además Leterme *et al.*<sup>61</sup> reportaron que el contenido de macrominerales de curuba en mg/100g de porción comestible de muestra fresca fueron 37 Ca, 14 P, 14 Mg y 337 K, además reportaron que el contenido de microminerales en parte comestible fueron Mn 1,8, Zn 2,9, Fe 7,3 y Cu 1,4 ppm respectivamente, mencionan que esta variabilidad en el contenido de minerales es atribuible a diferencias en las condiciones de cultivo,

como fertilidad del suelo, pH, al suministro de agua, variaciones climáticas. En cuanto a la cantidad de minerales encontrados en muestra seca de pulpa y semilla de tumbo serrano presentes en la tabla 15 se observa reducción significativa de sus valores respecto a la muestra fresca, esto debido a que los procesos basados en la aplicación de calor ocasiona las pérdidas de minerales y vitaminas <sup>62</sup>.

En cuanto a la cantidad de cenizas en muestra fresca se encontró 0,64 g%, Ojasild<sup>63</sup> reportó en muestra fresca 0,7 g %, Chaparro<sup>9</sup> encontró valores de 0,55; sin embargo, en otro estudio se reportó en tumbo serrano sin cáscara 1,0 g% de cenizas<sup>15</sup>, estas diferencias en los valores obtenidos podría deberse según Luna<sup>64</sup> con la variedad del fruto, grado de madurez, prácticas de cultivo, condiciones de temperatura y luminosidad que existen durante la producción del fruto. En muestra seca se evidenció que no hubo diferencia estadísticamente significativa en el contenido de cenizas por efecto del secado convectivo, esto se corrobora con los resultados obtenidos por Barajas *et al.*<sup>65</sup> en el estudio sobre el efecto de la temperatura de secado a 35°C y 45°C en polen quienes encontraron que la temperatura no influye directamente en el porcentaje de cenizas, como se observó en los resultados obtenidos en base seca del presente estudio.

En los resultados de azúcares reductores directos y totales de muestra fresca con respecto a muestra seca en base seca se evidenció disminución de sus valores, también se pudo observar que la muestra seca al final de proceso de secado presentó un color caramelo, según Potter<sup>66</sup> menciona que este cambio de color proviene de la acción del calor sobre los azúcares cuando son calentados por encima de su temperatura de fusión conocido como caramelización, esto ocurre según Pastoriza<sup>67</sup> debido a que en este proceso los monosacáridos forman enoles como paso inicial de la reacción. Además menciona que las pentosas generan 2-furaldehído como principal producto de degradación y las hexosas producen 5-hidroximetil-2-furaldehído (HMF), 2-hidroxiacetilfurano e isomaltol así tras la producción de HMF se desarrolla un color café intenso como se observó en la muestra seca obtenida mediante secado convectivo.

En cuanto al contenido de fibra encontrado en pulpa y semilla de muestra fresca se obtuvo 7,39 g%; sin embargo, en muestra de tumbo serrano sin cáscara se refiere valores de 4,8 g%<sup>15</sup>, esta diferencia de valores podría deberse

principalmente al elevado contenido de semillas en la muestra analizada según Estrada *et al.*<sup>68</sup>. En la determinación de fibra en base seca (tabla 22) se evidenció una mínima reducción en el contenido de fibra en muestra seca.

El valor de vitamina C encontrado en muestra fresca fue de 66,56 mg% valores cercanos a lo reportado por Encina<sup>14</sup> quien encontró un valor de 61,8 mg/100g, lo reportado por Contreras *et al.*<sup>69</sup> fue de 61,5 mg/100 g de muestra fresca; sin embargo, Valente *et al.*<sup>70</sup> reportaron en muestra procedente de Colombia un valor de vitamina C de 40,5 mg/100g en muestra fresca, esta variación en los resultados podría deberse según Ojasild<sup>63</sup> a la gran variedad del fruto, zonas de cultivo, condiciones de temperatura, influencia de la luz solar y grado de madurez. Al realizar el análisis comparativo del contenido de vitamina C en base a materia seca se evidenció reducción del contenido de vitamina C ya que por cada 100g en muestra fresca presentó 378,44 mg, mientras en muestra seca se encontró 120,55 mg, según Ordoñez<sup>71</sup> explica que "la disponibilidad de vitamina C en frutas y verduras se reduce durante su procesamiento por acción de la temperatura, oxígeno, luz, azúcares reductores, pH y iones metálicos", además Munyaka *et al.*(2010) menciona que "la vitamina C se presenta principalmente como ácido L-ascórbico, una molécula lábil, cuya concentración podría disminuir durante el procesamiento doméstico e industrial de frutas y verduras debido a la ocurrencia de la degradación enzimática y no enzimática"<sup>72</sup>. La degradación enzimática de L-AA implica la oxidación a DHAA y esta a su vez puede hidrolizarse rápida e irreversiblemente a ácido 2,3-dicetogulónico (2,3-DCG) perdiendo su actividad antioxidante y antiescorbútica<sup>72</sup>.

En cuanto a los compuestos bioactivos analizados, el contenido de polifenoles totales fue de 147,16 mg ácido gálico (GAE)/g de porción comestible fresca; sin embargo, lo hallado por Muñoz *et al.*<sup>33</sup> reportan un valor de 14,78 mg ácido gálico (GAE)/g procedentes de mercado limeño, también en el estudio realizado por Encina *et al.*<sup>14</sup> en muestra de curuba larga colombiana reportaron 46,90 mg ácido gálico (GAE)/g de porción comestible fresca; además según los estudios realizados por Contreras *et al.*<sup>69</sup> encontraron en fruto procedente de Colombia 6,35 mg de ácido gálico (GAE)/g de muestra fresca, en el estudio realizado por Moreno *et al.*<sup>31</sup> encontraron 6,38 mg equivalentes de ácido gálico(GAE)/g de muestra fresca. Vasco *et al.*<sup>73</sup> reportaron en muestra procedente de Ecuador

1010,10 mg ácido gálico (GAE)/100 g de peso fresco. Cedeño<sup>74</sup> menciona que estas diferencias pueden deberse a las metodologías de extracción con diferentes solventes lo que puede ocasionar distintas lecturas por la clase de compuesto fenólico presente en la muestra y cómo éste puede reaccionar con el reactivo Folin-Ciocalteu debido a las diferencias en la estructura química, por otro lado Padilla *et al.*<sup>75</sup> menciona que la variación en el contenido de polifenoles puede deberse también a factores climáticos, estados de madurez y ecotipo.

En muestra seca de pulpa y semilla de tumbo serrano mediante secado convectivo se evidenció reducción en la cantidad de compuestos fenólicos, López *et al.*<sup>76</sup> registraron que en muestra de arándanos el contenido de polifenoles disminuyó, a medida que la temperatura de aire de secado aumentaba, en comparación a la muestra fresca, además menciona que largos tiempos de secado asociado a bajas temperaturas en el proceso contribuyen a reducir el efecto protector contra el daño oxidativo celular, también Kwok *et al.*<sup>77</sup> reportaron reducción del contenido de polifenoles en bayas de saskatoon deshidratadas en comparación a la muestra fresca, así menciona que "los polifenoles son susceptibles al daño por calor y por lo tanto se pierden durante varias operaciones de procesamiento", Uurrea *et al.*<sup>78</sup> menciona que al final del proceso de secado en zanahorias hallaron una importante degradación del contenido de polifenoles en los rangos de temperatura evaluados de 40-90 °C, también encontraron que en el proceso de secado los polifenoles fueron más sensibles al largo tiempo de exposición al tratamiento térmico que al efecto de la temperatura. Kyi *et al.*<sup>79</sup> indicaron que esta disminución en la concentración de polifenoles totales disminuye durante el proceso de secado debido a la oxidación enzimática de polifenoles. Dentro de los compuestos fenólicos en los vegetales Encina *et al.* (2011) menciona que "la clase predominante lo ocupa los flavonoides, sustancias asociadas a efectos benéficos para la salud debido a sus propiedades antioxidantes así como a su actividad biológica como antiinflamatorios, antivirales y antibacteriales"<sup>14</sup>.

En esta investigación se encontró que el contenido de flavonoides en pulpa y semilla de tumbo serrano fresco fue 49,30 mg de quercetina en 100g expresado en base seca; sin embargo, Simirgiotis *et al.*<sup>80</sup> encontraron que el contenido de flavonoides en pulpa de tumbo procedente del norte de Chile fue 77,16 mg de

quercetina/100 g de peso seco, esta variación podría deberse a "factores como estado de madurez y métodos de almacenamiento post cosecha"<sup>81</sup>. En cuanto al contenido de flavonoides en muestra seca se evidencia una clara disminución en su valor, Chaparro (2017) menciona que "esta disminución podría deberse a que los flavonoides son sensibles a la oxidación y degradación térmica, además menciona que los flavonoides con más grupos hidroxilos (OH) dentro de su estructura son más susceptibles a la degradación térmica"<sup>82</sup>.

La cantidad de carotenoides encontrados en tumbo fresco fue de 0,28 mg de  $\beta$  caroteno/100g; sin embargo, en el estudio sobre la determinación de vitamina C y carotenos totales en tumbo serrano<sup>83</sup> se reportó un contenido mayor de 2,53 mg/100g en pulpa tumbo serrano proveniente de valles interandinos del Perú superando también a lo reportado por Encina<sup>14</sup> quienes encontraron un contenido de 1,83 mg/100g, esto debido probablemente a las condiciones de suelo, procedencia y estado de madurez, además menciona que la maduración se ve acompañada por un aumento de la biosíntesis de carotenoides. En cuanto a la muestra seca el contenido de carotenoides presento una ligera pérdida aunque significativa ( $p < 0,05$ ) respecto a la muestra fresca, esto condice con lo mencionado por Uurrea *et al.*<sup>78</sup> quienes reportaron degradación del contenido de carotenoides durante el secado de zanahorias, además mencionan que los carotenoides son relativamente estables cuando el secado ocurre a las temperaturas de 40-60 °C, pero sensibles a las temperaturas de 70-90 °C así en el presente estudio la temperatura utilizada fue 60°C y posiblemente a esto se deba el ligero descenso en el contenido de carotenoides. También según Pucuhuala *et al.*<sup>84</sup> mencionan que la degradación de este componente podría deberse a la presencia de luz, calor y oxígeno generando como consecuencia de la isomerización del trans- $\beta$ -caroteno a cis- $\beta$ -caroteno. En el presente estudio la exposición al oxígeno se dio desde el momento en que se cortó la fruta, también durante la aplicación del tratamiento de secado de aire caliente lo que pudo ocasionar la reducción en su valor.

La capacidad antioxidante en pulpa y semilla de tumbo serrano fue evaluada por el método DPPH y ABTS<sup>+</sup>. En el extracto etanólico de muestra fresca de tumbo serrano se encontró mediante el método de radical DPPH 90,90  $\mu$ mol Trolox/g y el IC<sub>50</sub> fue 11,19  $\mu$ g/ml mucho mayor comparado al IC<sub>50</sub> del estándar de Trolox



que fue 3,37 µg/ml; según Vasco *et al.*<sup>73</sup> el valor de DPPH encontrado fue de 70 µmol TEAC/g en muestra fresca, en el estudio realizado por Muñoz *et al.*<sup>32</sup> en extracto etanólico al 60% en muestra fresca de tumbo serrano encontró 41,16 µmol TEAC/g con IC<sub>50</sub> de 4,72 mg/ml, además menciona Muñoz *et al.*(2007) que "la actividad antioxidante en frutas y verduras no solo depende de la capacidad antioxidante de cada componente presente, sino también del microambiente, lo que ocasiona que puedan interactuar entre ellos, produciéndose efectos sinérgicos o inhibitorios"<sup>32</sup>. Además, "los procesos de extracción utilizados podrían influir en las concentraciones de los compuestos responsables de la actividad antioxidante en fruto fresco"<sup>81</sup> también Moreno *et al.*(2014) mencionan "hay una relación directa entre el aumento de la capacidad antioxidante con el contenido total de fenoles en esta fruta"<sup>31</sup>.

En el extracto etanólico de muestra fresca de tumbo serrano mediante el método ABTS<sup>•+</sup> se encontró 124,94 µmol Trolox/g en muestra fresca con IC<sub>50</sub> de 7,87 µg/ml para extracto de tumbo serrano fresco mucho mayor comparado al IC<sub>50</sub> del estándar de Trolox que fue 2,61 µg/ml, en el estudio realizado por Contreras *et al.*<sup>69</sup> sobre la capacidad antioxidante determinada por el método de radical catiónico ABTS<sup>•+</sup> en el extracto metanol-agua ácida (50:50 v/v, pH 2) de pulpa y semilla de tumbo serrano fue de 131 µmol TEAC/g de muestra fresca; sin embargo, el estudio realizado por Gil M (2014) reportó que "en extracto metanólico de pulpa de tumbo serrano procedente de Colombia el valor obtenido mediante el método de radical catiónico ABTS<sup>•+</sup> fue 187,64 µmol TEAC/g"<sup>81</sup>. Los valores obtenidos mediante el método de radical catiónico ABTS<sup>•+</sup> para muestra fresca y seca fueron mayores con respecto a los valores obtenidos mediante el método de radical libre DPPH, es decir, la capacidad antioxidante del extracto se debería a la presencia no solo de compuestos lipofílicos sino también a los hidrofílicos. Además, en otro estudio mencionan que "el radical ABTS<sup>•+</sup> presenta buena solubilidad permitiendo el ensayo de compuestos tanto de naturaleza lipofílica como hidrofílica, mientras que el DPPH nos permite ensayos solo en muestras lipofílicas ya que solo puede disolverse en medio orgánico"<sup>85</sup>. Con respecto a los resultados obtenidos de la capacidad antioxidante en muestra seca en base seca se evidencia reducción significativa de los valores tanto en el ensayo con el radical DPPH y ABTS<sup>•+</sup>, según Zapata *et al.*(2015) menciona "la

pérdida de la actividad antioxidante puede deberse a la degradación térmica de los fenoles y otros metabolitos antioxidantes ya que son termolábiles y esto ocasiona pérdida en las propiedades del compuesto"<sup>86</sup>.

## 6 CONCLUSIONES

- La pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. *mollisima* "tumbo serrano" fresco y seco presentó un contenido de agua en (g%) de 82,41 y 10,93; cenizas (g%) 0,64 y 3,44; fibra cruda (g%) 7,39 y 35,13; azúcares reductores directos 5,78 y 13,59; azúcares reductores totales 7,34 y 15,18 (azúcares expresados en g% de glucosa); vitamina C (mg%) 66,56 y 107,38 respectivamente. El valor nutricional presentó variación significativa ( $p < 0,05$ ), excepto en fibra y cenizas.
- La pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. *mollisima* "tumbo serrano" fresco y seco presentó polifenoles totales 147,16 y 423,02 mg EAG/g, flavonoides 8,67 y 12,99 (mg de quercetina/100g) y carotenos totales 0,28 y 1,09 (mg/100g) respectivamente. Los compuestos bioactivos en pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. *mollisima* "tumbo serrano" mostraron reducción significativas ( $p < 0,05$ ).
- La capacidad antioxidante en muestra fresca y seca de *Passiflora tripartita* var. *mollisima* "tumbo serrano" por el método DPPH presentó un  $IC_{50}$  de 11,19 y 31,06  $\mu\text{g/ml}$  y por ABTS<sup>•+</sup> presentó un  $IC_{50}$  de 7,87 y 13,79  $\mu\text{g/ml}$  respectivamente, evidenciándose reducción significativa ( $p < 0,05$ ).

## **7 RECOMENDACIONES**

- Evaluar el efecto del secado convectivo utilizando otras temperaturas, una superior y otra inferior a la temperatura utilizada en la presente tesis.
- Aprovechar la cáscara de tumbo serrano y evaluar el efecto del SC
- Identificar los compuestos fenólicos presentes en los extractos de muestra fresca y seca responsables de la actividad antioxidante.
- Desarrollar un estudio para la aplicación del producto obtenido así también difundir las propiedades y beneficios de tumbo serrano.

## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Peterman F, Labraña A, Duran E, Leiva A, Martínez M, Salas C, *et al*, editores. El consumo de frutas y verduras se asocia a menor mortalidad: 5 porciones al día es bueno, pero 10 serían mejor. Rev Chil de Nutr. 2018; 45 (2): 183-5.
2. Expreso [Internet]. Lima: Diario Expreso; 2019 [actualizado 24 de mayo de 2019; citado 5 de julio de 2019]. La validez científica del tumbo serrano [aprox. 2 pantallas]. Disponible en: [www.expreso.com.pe/actualidad/la-validez-cientifica-del-tumbo-serrano/2019](http://www.expreso.com.pe/actualidad/la-validez-cientifica-del-tumbo-serrano/2019)
3. Ministerio de Agricultura. Tumbo (Mollisima H.B.K. Bailey) [Internet]. Lima: Minagri [citado 14 de enero de 2019]. Disponible en <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/sectoragrario/agricola/lineasdecultivosemergentes/TUMBO.pdf>
4. Instituto Nacional de Estadística e Informática [Internet]. Lima: INEI; 2017 [citado 5 de julio de 2019 ]. Capítulo 13: agrario. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1429/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1429/libro.pdf)
5. Urraca E. Efecto de la actividad de agua y de pH sobre la vida útil de la pulpa de tumbo (*Passiflora quadrangularis*). Pueblo cont. 2011; 22(1): 141-50.
6. Kuklinski C. Nutrición y Bromatología. 1ª ed. Barcelona: Omega; 2010.
7. Muñiz S, Hernández A, García A, Méndez L. Empleo del método de secado convectivo combinado para la deshidratación de papaya (*Carica papaya* L.), variedad maradol roja. Rev Cie Téc Agr. 2013; 22(1): 31-6.
8. Bernal J, Díaz C. Tecnología para el cultivo de la Curuba. 1ª ed. Antioquía: Corporación colombiana de Investigación Agropecuaria; 2005.
9. Chaparro D, Maldonado M, Franco M, Urango L. Características nutricionales y antioxidantes de la fruta curuba larga (*Passiflora mollisima* Bailey). Biotec Sec Agro. 2015; 13(1):120-8
10. Tapia M, Frías A. Guía de campos de los cultivos andinos [Internet]. 1a ed. Lima: FAO y ANPE; 2007 [citado 15 de agosto de 2019]. Disponible en: [https://www.academia.edu/GUIA\\_DE\\_CAMPO\\_DE\\_CULTIVOS\\_ANDINOS\\_pdf](https://www.academia.edu/GUIA_DE_CAMPO_DE_CULTIVOS_ANDINOS_pdf)
11. Fernández O, Flores O. Técnicas de propagación y mejoramiento del cultivo del tumbo (*Passiflora mollisima* L) en Tarata. Cienc y Desarr. 2017; 1(9): 135-8

12. Quillimamani Soncco S. Evaluación de la cinética de degradación térmica de la vitamina C en la pulpa de tumbo (*Passiflora mollissima*) [Tesis]. Juliaca: Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura; 2019.
13. Botia Y, Almanza P, Balaguera H. Efecto de la temperatura sobre la maduración complementaria en curuba (*Passiflora mollissima* Bailey). Rev U.D.C. A Actuali& Divulg Cientific.2008; 11 (2): 187-96
14. Encina C, Carpio L. Máxima retención de ácido ascórbico, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de tumbo. Ing Indus. 2011; 1(29): 225-45
15. Tablas peruanas de composición de alimentos [Internet]. Lima: Ministerio de Salud; 2017 [citado 20 de agosto 2019]. Disponible en: <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
16. Costa G, Gazola A. Chemical profiles of traditional preparations of four South American *Passiflora* species by chromatographic and capillary electrophoretic techniques. Rev Bras Farmacogn. 2016; 26 (4): 451–58
17. Churampi López L, Montes Manrique V. Evaluación de la actividad antiinflamatoria del extracto etanólico del fruto de *Passiflora mollissima* (kunth) l.h.Bailey “tumbo serrano” y su uso como activo biológico en industria cosmética [Tesis]. Lima: UNMSM, Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2015.
18. Guerrero Oyarzún M. Bioaccesibilidad de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en maqui (*Aristotelia chilensis* [Mol] Stuntz), secado por convección y liofilización [Tesis]. Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias; 2016.
19. Ceballos E, Jiménez M. Cambios en las propiedades de frutas y verduras durante la deshidratación con aire caliente y su susceptibilidad al deterioro microbiano. Temas selectos de ingeniería de alimentos. 2012; 6(1): 98-110
20. Nindo C, Feng H, Sheng G, Tang J, Kang DH. Energy utilization and microbial reduction in a new film drying system. Journal Food Processing and Preservation. 2003; 27(2): 117-36

21. Fito P, Andrés A, Barat J, Albors A. Introducción al secado de alimentos por aire caliente [Internet]. 1 ed. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 2016 [citado 20 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://gdocu.upv.es/alfresco/pdf>
22. Meza Guña J. Influencia del método de deshidratación (secado convectivo y tambor rotatorio) en las propiedades ópticas de papillas infantiles elaboradas con harina de papas nativas ecuatorianas (*Solanum andígena*) [Tesis]. Ambato: Universidad Técnica de Ambato: Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos; 2018.
23. Martínez C, Carvajal A. Kelloggs [Internet]. Madrid: Manual Práctico de nutrición y salud; 2010 [citado 02 de agosto de 2019 ]. Componentes bioactivos de los alimentos. Madrid. Disponible en [https://www.kelloggs.es/content/dam/europe/kelloggs\\_es/images/nutrition/PDF/Manual\\_Nutricion\\_Kelloggs\\_pdf](https://www.kelloggs.es/content/dam/europe/kelloggs_es/images/nutrition/PDF/Manual_Nutricion_Kelloggs_pdf)
24. Cárdenas G. Arrazola G, Villalba M. Frutas tropicales: fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos. Rev de la Facultad de Ingeniería. 2016; 17(33): 29-40
25. Rodríguez-Amaya D, Kimura M. HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis. 1 ed. Washinton I: HarvestPlus; 2004.
26. O'Neil C, Shevill E, Chang AB. Vitamin A supplementation for cystic fibrosis (Protocol). Cochrane Database of Systematic Reviews, 2007; (7): 1-34
27. Quiñones M, Miguel M, Aleixandre A. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. Rev Nutr Hosp. 2012; 27(1): 76-89
28. Fraga C, Galleano M, Verstraeten S, Oteiza. Basic biochemical mechanisms behind the health benefits of polyphenols. Mol Aspects Med. 2010; 31(1): 435–45
29. Castro M. Polifenoles: compuestos bioactivos con efectos benéficos en la prevención de diabetes tipo 2. Rev Dig RED CieN. 2019; 1(3): 12-18
30. Carmona J, Ceballos L, Gonzales CI. Polyphenols and Flavonoids in Colombian Fruit and Vegetables - Applications and Benefits. A Review. Journ of Food and Nutr Research. 2018;6(3): 176-81
31. Moreno E, Ortiz B, Restrepo L. Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de pulpa de seis frutas tropicales Rev Colom Quím. 2014;43 (3): 41-8

32. Muñoz A, Ramos F, Ortiz C, Castañeda B. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. *Rev Soc Quím.* 2007; 73 (3): 142-49
33. Granado Serrano A. Estudios de los mecanismos de acción molecular de polifenoles de la dieta en cultivos celulares y animales de experimentación. [Tesis]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Biológicas; 2010.
34. Quintanar M, Calderón J. La capacidad antioxidante total. bases y aplicaciones. *Rev Educ Bioquímica.* 2009; 28(3): 89-101
35. Moo V, Estrada I, Estrada R, Cuevas L, Ortiz E, Vargas M, *et al.* Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry.* 2014;152 (1): 508–15
36. Castañeda C, Ramos L, Ibañez V. Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas. *Rev Horz Méd [Internet].* 2008 [citado 15 abril de 2020]; 8(1): 56-72. Disponible en: [https://medicina.usmp.edu.pe/medicina/horizonte/2008\\_1/Art4\\_Vol08\\_N1.pdf](https://medicina.usmp.edu.pe/medicina/horizonte/2008_1/Art4_Vol08_N1.pdf)
37. Marfil Navarro R. Parámetros de calidad y componentes con interés nutricional del aceite de Argán (*Argania spinosa*) [Tesis]. Granada: Universidad de Granada, Facultad de Farmacia; 2008.
38. A.O.A.C. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist, USA; 2016.
39. Egan H, Kirt R, Sawyer R. Análisis químico de los alimentos de Pearsaon. 1 ed. México D.F: Continental S.A; 1991.
40. Rea H. Manual de Practicas de la Unidad de aprendizaje de bromatología. [Internet]. 1 ed. Nayarit: Universidad Autónoma de Nayarit; 2017 [citado 20 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.ecorfan.org/textbooks/L-Manuals/LM%20TII/LM%20TII.pdf>
41. Perkin E. Absortion spectroscopy analytical methods, theperkin. U.S.A: Elmer corporation; 1996.
42. Lichtenthaler H, Bushmann C. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry.* 2001; 1(1): F4.3.1- F4.3.8.



43. Singleton VL, Orthofer RO, Lamuela-Raventos RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 1999; (299):152-78.
44. Amaya Rodríguez L, Portillo Membreño C. Determinación de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante en melaza, azúcar blanco y moreno en el Ingenio Chaparrastique por el método de espectrofotometría ultravioleta-visible [Tesis]. San Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia; 2013.
45. Plazas E. Tamizaje fitoquímico preliminar, evaluación de la actividad antioxidante in vitro y toxicidad de seis especies de Ericaceas colombianas. *Rev Cub Plant Med.* 2015; 20 (2): 182-99.
46. Brand W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology.* 1995; 28 (1): 25-30
47. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Bio Med.* 1999; (26): 1231–37
48. Goss M. [Internet]. Barcelona: Análisis estadístico con JASP: una guía para estudiantes; 2018 [citado 02 agosto de 2020 ]. Disponible en <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/102926/6/An%C3%A1lisis%20estad%C3%ADstico%20con%20JASP%20una%20gu%C3%ADa%20para%20estudiantes.pdf>
49. García A, Girones A, León P, Moreno D, Stinco C, Meléndez A, *et al.* Banana Passion fruit (*Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. Bailey): Microencapsulation, phytochemical, composition and antioxidant capacity. *Molec* [Internet]. 2017 [citado 8 de mayo de 2020]; 22(1): 1-12. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1420-3049/22/1/85>
50. Rojano B, Zapata K, Cortes F. Capacidad atrapadora de radicales libres de *Passiflora mollissima* (Kunth) L. H. Bailey (curuba). *Rev Cub Plan Med.* 2012; 17(4): 408-19
51. Rosana Fernández P. Frutas tropicales deshidratadas fortificadas con calcio y vitamina C [Tesis]. Posadas: Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales; 2018.
52. Esquerre B, Rojas C, Llatas S, Delgado G. El género *Passiflora* L. (Passifloraceae) en el departamento de Lambayeque, Perú. *Acta botánica*

- Malacitana [Internet]. 2014 [citado 20 de mayo de 2020]; 39(1): 55-70. Disponible [http://www.biolveg.uma.es/abm/Volumenes/vol39/39\\_Esquerrelbanez\\_et\\_al.pdf](http://www.biolveg.uma.es/abm/Volumenes/vol39/39_Esquerrelbanez_et_al.pdf)
53. León Romani C. Determinación de vitamina C y carotenoides totales en el tumbo serrano (*Passiflora mollissima*) [Tesis]. Callao: Universidad Nacional del Callao, Facultad de ingeniería química; 2012.
54. Ellwanger Morales L. Evaluación técnica de los procesos de deshidratación osmótica y convectiva durante una práctica vinculada en una planta deshidratadora de berries [Tesis]. Valdivia: Universidad Austral de Chile, Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos; 2009.
55. Téllez C, Fischer G, Quintero O. Comportamiento fisiológico y fisicoquímico de frutos de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey) encerados y almacenados a dos temperaturas. Rev Colom Cienc Hort. 2007;1(1): 67-80
56. Miranda D, Fisher G, Carranza C, Magnitskiy S, Casierra F, Piedrahita W, et al, editores. Cultivo, poscosecha y comercialización de Passifloraceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. [Internet].1 ed. Bogotá: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas; 2009 [Citado en 23 de enero 2019] Disponible en: [http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca\\_11\\_8\\_cultivo\\_poscosechavp.pdf](http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_11_8_cultivo_poscosechavp.pdf)
57. Lizana A, Luza S, Espina A, Vega A. Caracterización de la maduración pos cosecha de frutos de curuba : Memorias del simposio internacional de Passiflora. Universidad Nacional de Colombia.1991:201-04.
58. Encalada Rojas H. Efecto de la temperatura y el espesor en el proceso de deshidratado de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Kent [Tesis]. Chulucanas: Universidad Católica Sedes Sapientiae, Facultad de Ingeniería Agraria;2017.
59. Fquim [Internet ]. Mexico: Fquim. unam; 2008 [Citado 18 de febrero de 2020]. Disponible en: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOS TECNICASDEANALISISDEALIMENTOS\\_12286.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOS TECNICASDEANALISISDEALIMENTOS_12286.pdf)
60. Cárdenas Orihuela P, Huamán Valle M. Evaluación de tipo de encapsulante y temperatura de aire de secado por atomización en el contenido de ácido ascórbico, carotenoides totales y capacidad antioxidante de tumbo (*Passiflora mollissima* L.) [Tesis]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias; 2015.

61. Leterme P, Buldgen A, Estrada F, Londoño A. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chemistry*. 2006; 95 (1): 644–52.
62. ehu [Internet]. Madrid: Ocw. Repercusión en el valor nutritivo de los alimentos en restauracion colectiva; 2012 [Citado en 22 marzo de 2020]. Disponible en: [https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/9235/mod\\_resource/content/1/Modificaciones/R.Colectiva\\_Tema\\_8\\_OCW\\_.pdf](https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/9235/mod_resource/content/1/Modificaciones/R.Colectiva_Tema_8_OCW_.pdf)
63. Ojasild Ramírez E. Elaboración de néctares de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*) y curuba (*Passiflora mollissima*) [Tesis]. Bogotá D.C : Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias; 2009.
64. Luna M. Delgado A. Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Avanc Invest Agro*. 2014; 18(1): 51-66
65. Barajas J, Martínez T, Rodríguez E. Evaluación del efecto de la temperatura en el secado de polen apícola procedente de dos zonas de Cundinamarca. *DYNA*. 2011; 78(165): 48-57
66. Potter N, Hotchkiss J. Food science [Internet]. New York: Chapman& Hall; 1995 [Citado 20 de abril de 2020]. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/bfm%3A978-1-4615-4985-7%2F1.pdf>
67. Pastoriza de la Cueva S. Efecto de la ingesta de compuestos avanzados de la reaccion de Maillard sobre el metabolismo gastrointestinal [Tesis]. Granada: Universidad de Granada, Facultad de Farmacia; 2013.
68. Estrada H, Restrepo CI, Saumett H, Pérez L. Deshidratación osmótica y secado por aire caliente en mango, guayaba y limón para la obtención de ingredientes funcionales. *Inform Tecn*. 2018; 29(3): 197-204
69. Contreras J, Calderón L, Guerra H, García B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research Internat*. 2011; 44 (1): 2047–53
70. Valente A, Albuquerque T, Sanches A, Costa H. Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition data bases. *Food Research International*. 2011; 44: 2237–42
71. Ordoñez L, Yoshioka L. Cinética de degradación térmica de vitamina C en pulpa de mango (*Mangifera indica* L.). *Vitae*. 2012; 19(1): 81-3

72. Munyaka AW, Makule EE, Oey I, Loey AV, Hendrickx M. Thermal Stability of L-Ascorbic Acid and Ascorbic Acid Oxidase in Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Journ food scienc.* 2010; 75(4): 336-40
73. Vasco C, Ruales J, Kamal A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistr.* 2008; 111(4): 816–23
74. Cedeño Arroyo S. Efecto de los diferentes procesos de secado en los compuestos bioactivos de murtila (*Ugni molinae* Turcz) y su bioaccesibilidad. [Tesis]. Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias; 2017.
75. Padilla F, Rincon A, Bou-Rachhed L. Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. *ALAN* [Internet]. 2008 [citado 15 abril de 2020]; 58(3):303-8. Disponible: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2008/3/art-14/>
76. Lopez J, Uribe E. Effect of Air Temperature on Drying Kinetics, Vitamin C, Antioxidant Activity, Total Phenolic Content, Non-enzymatic Browning and Firmness of Blueberries Variety O’Neil. *Food Bioproc Technol.* 2010; 3(1): 772–77
77. Kwok B, Hu C, Durance T, Kitts D. Dehydration techniques affect phytochemical contents and free radical scavenging activities of saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). *Journal Food Scienc.* 2004; 69(3): 122-26
78. Uurrea D, Ein V, Rosello C, Simal S. Modelos cinéticos de degradación de carotenoides, polifenoles y actividad antioxidante durante el secado convectivo de zanahoria (*Daucus carota* V. Nantesa). *Rev Asociac Colom Cienc Tec Alimen* [Internet]. 2012 [citado 5 de mayo de 2020]; 21(27): 68-101. Disponible en: <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/viewFile/141/135>
79. Kyi T, Mohammad A. The kinetics of polyphenol degradation during the drying of Malaysian cocoa beans. *International Journal of Food Scienc Tec.* 2005; 40(1): 323–31
80. Simirgiotis M, Schmeda G, Bórquez J, Kennelly E. The *Passiflora tripartita* (Banana Passion) Fruit: A Source of Bioactive Flavonoid C-Glycosides Isolated by HSCCC and Characterized by HPLC–DAD–ESI/MS/MS. *Molecules* [Internet]. 2013 [citado 20 abril 2020]; 18(1): 1672-92 Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6270644/pdf/molecules-18-01672.pdf>

81. Gil M, Restrepo A, Millán L, Alzate L, Rojano B. Microencapsulation of Banana Passion Fruit (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*): A new alternative as a natural additive as antioxidante. Food and Nutr Scienc. 2014; 5(1): 671-82
82. Chaparro Hernández I. Cuantificación del esteviósido y rebaudiósido después del secado por aspersión de extracto acuoso de stevia rebaudiana”. [Tesis]. Oaxaca: Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca; 2017.
83. Unac.edu [Internet]. Lima: Unac; 2015 [ Citado 25 marzo 2020]. Disponible: [https://unac.edu.pe/images/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes\\_Finales\\_Investigacion/2012/OCTUBRE/CIRIA%20ZENAIDA%20LE%ef%bf%bdN%20ROMANI%20-%20FIQ.pdf](https://unac.edu.pe/images/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/2012/OCTUBRE/CIRIA%20ZENAIDA%20LE%ef%bf%bdN%20ROMANI%20-%20FIQ.pdf)
84. Pucuhuayla Cruz E, Valdivieso Tomas M. Efecto del osmodeshidratado y secado por aire caliente sobre la capacidad antioxidante,  $\beta$ -carotenos, cinética y rehidratación en el liofilizado de carambola. [Tesis]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias; 2018.
85. Kuskoski M, Asuero A, Troncoso A, Mamcini-Filho J, Fett R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Cienc Tecnol Alimen [Internet ]. 2005 [citado 5 de mayo de 2020]; 25(4): 726-32. Disponible en <https://www.scielo.br/pdf/cta/v25n4/27642.pdf>
86. Zapata K, Rojano B, Cortes B. Efecto térmico del secado por aspersión sobre los metabolitos antioxidantes de la curuba larga (*Passiflora mollissima* Bailey). Inform Tec. 2015; 26(1): 77-84.

## 9 ANEXOS

**Anexo 1.** Muestra de tumbo serrano fresco proveniente del sector Pampas, provincia de Huancayo.





## Anexo 2. Constancia de clasificación taxonómica



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO  
**MUSEO DE HISTORIA NATURAL**



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

### CONSTANCIA N° 020-USM-2019

EL JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (planta completa) recibida de **Nataly Karina Kuno Aguilar**; ha sido estudiada y clasificada como: ***Passiflora tripartita* (Juss.) Poir. Var. *mollisima* (Kunth) Holm-Niels. & P. Jorg.** y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988).

**DIVISION: MAGNOLIOPHYTA**

**CLASE: MAGNOLIOPSIDA**

**SUBCLASE: DILENIIDAE**

**ORDEN: VIOLALES**

**FAMILIA: PASSIFLORACEAE**

**GENERO: *Passiflora***

**ESPECIE: *Passiflora tripartita* (Juss.) Poir. Var. *mollisima* (Kunth) Holm-Niels. & P. Jorg.**

Nombre vulgar: "Tumbo serrano"

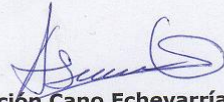
Determinado por: Dra. Joaquina Albán Castillo

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines de estudios.

Lima, 29 enero de 2019

ACE/ddb



  
**Mg. Asunción Cano Echevarría**  
JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

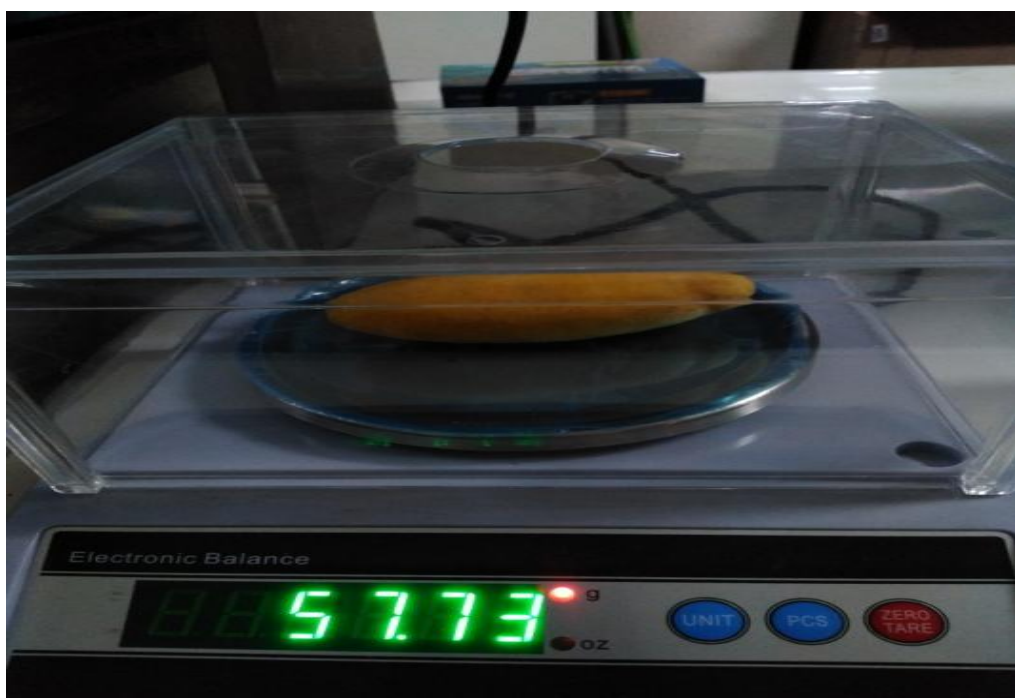
**Anexo 3.** Peso en gramos, dimensiones en largo y ancho de tumbo serrano

	<b>Peso (g)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Largo (cm)</b>
<b>1</b>	79.94	3.5	10.2
<b>2</b>	83.24	3.6	10.2
<b>3</b>	76.25	3.7	9.9
<b>4</b>	79.26	3.9	9.9
<b>5</b>	60.47	3.5	9.4
<b>6</b>	61.23	3.3	10.13
<b>7</b>	76.45	3.7	9.8
<b>8</b>	57.73	3.4	9
<b>9</b>	63.37	3.5	9.8
<b>10</b>	85.91	3.7	10.3
<b>11</b>	72.12	4	9.3
<b>12</b>	81.43	3.6	10
<b>13</b>	72.48	3.6	9.7
<b>14</b>	56.34	3.1	9.5
<b>15</b>	67.02	3.5	9.9
<b>16</b>	61.78	3.1	10.1
<b>17</b>	67.98	3.5	9.5
<b>18</b>	84.55	3.6	10.3
<b>19</b>	90.23	3.6	10.9
<b>20</b>	62.42	3.5	9.8
<b>21</b>	70.71	3.4	10.3
<b>22</b>	74.11	3.8	9.5
<b>Promedio</b>	71.9295455	3.55	9.88318182





Uso del vernier para el cálculo de las dimensiones(cm)



Uso de la balanza para el cálculo del peso(g)

**Anexo 4.** Fotografía del secador de bandejas utilizado

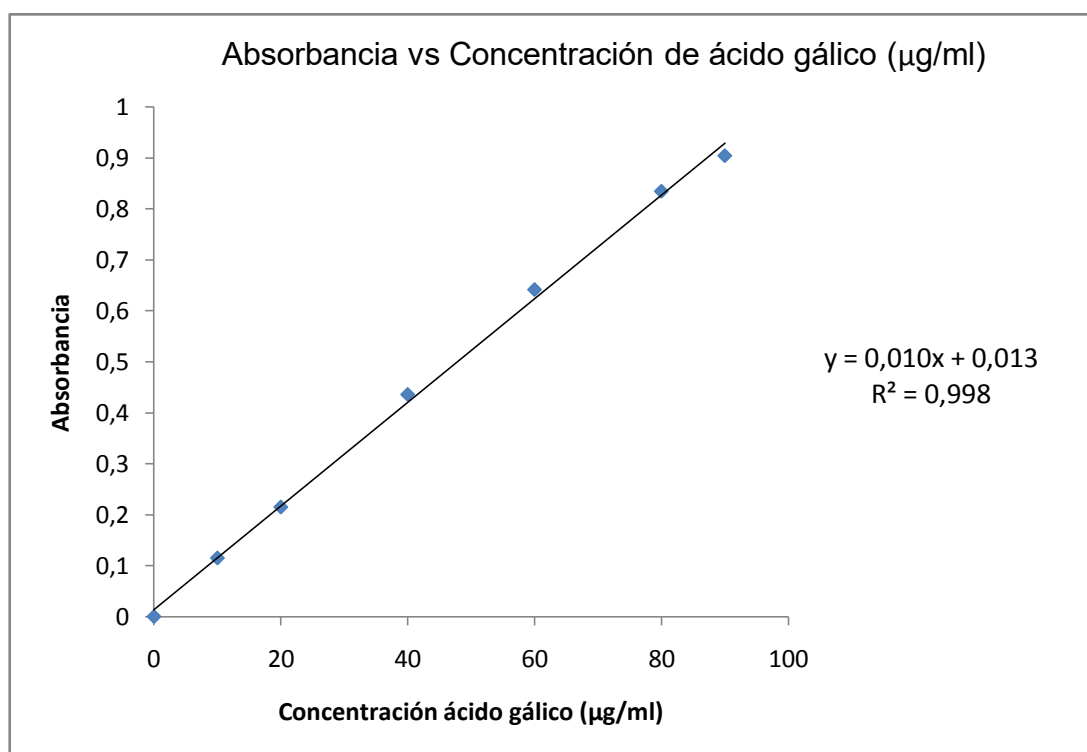


Muestra seca de pulpa y semilla de tumbo serrano luego del proceso de secado en el secador de bandejas

### Anexo 5. Curva de calibración de ácido gálico

Concentración de ácido gálico (µg/ml)	Absorbancia
90	0,905
80	0,835
60	0,642
40	0,436
20	0,215
10	0,115
0	0

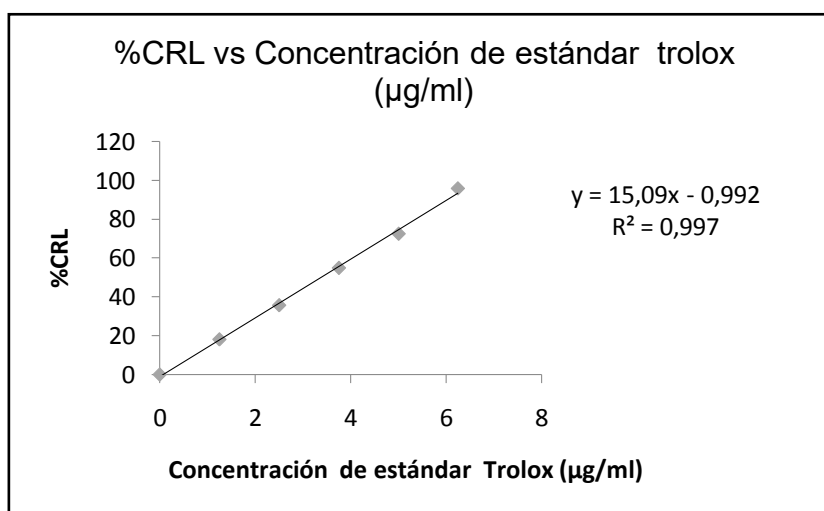
Curva de calibración de estándar ácido gálico para cuantificación de polifenoles



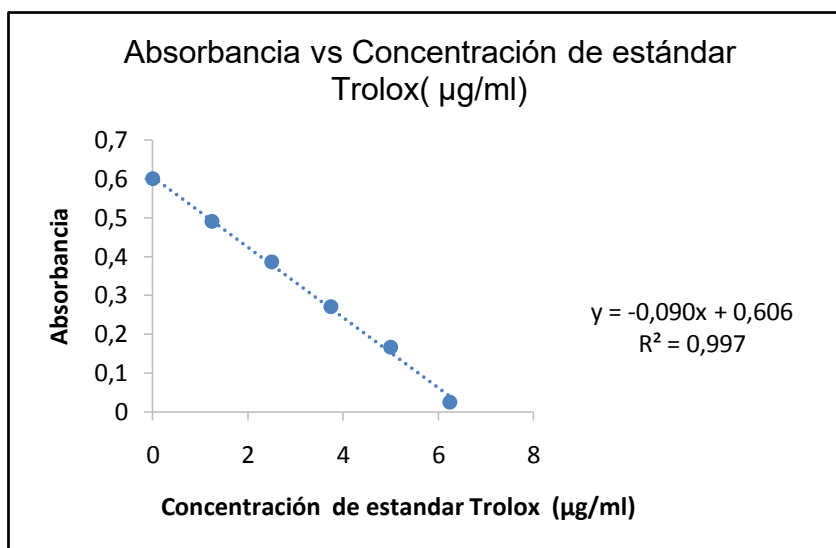
## Anexo 6. Curva de calibración de DPPH

Concentración final (µg/ml)	%CRL	IC <sub>50</sub> (µg/ml)
6,25	95,7778	3,3789
5	72,3333	
3,75	54,8889	
2,5	35,7222	
1,25	18,2778	
0	0,00	

Curva de calibración de captación de radicales libres de DPPH con estándar Trolox



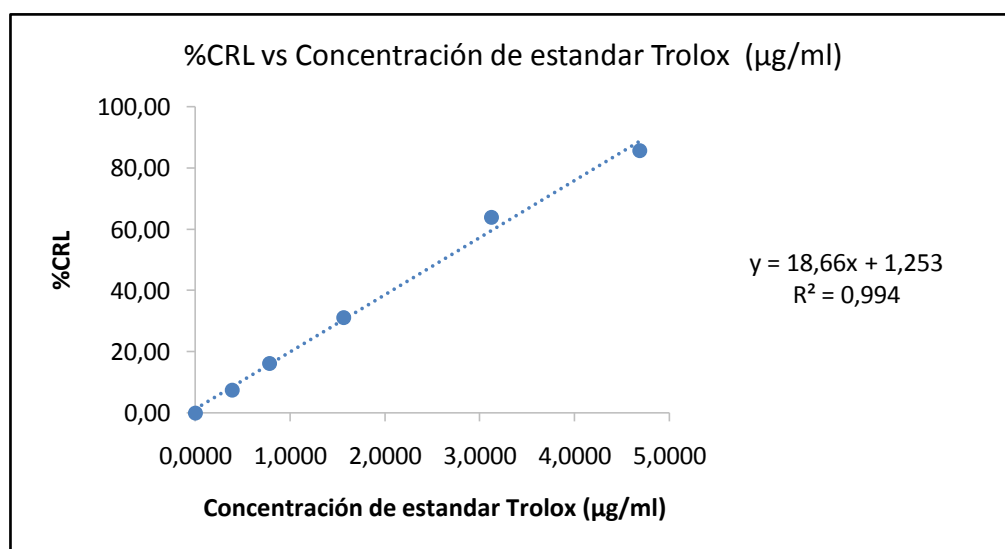
Absorbancias de solución de DPPH con estándar Trolox



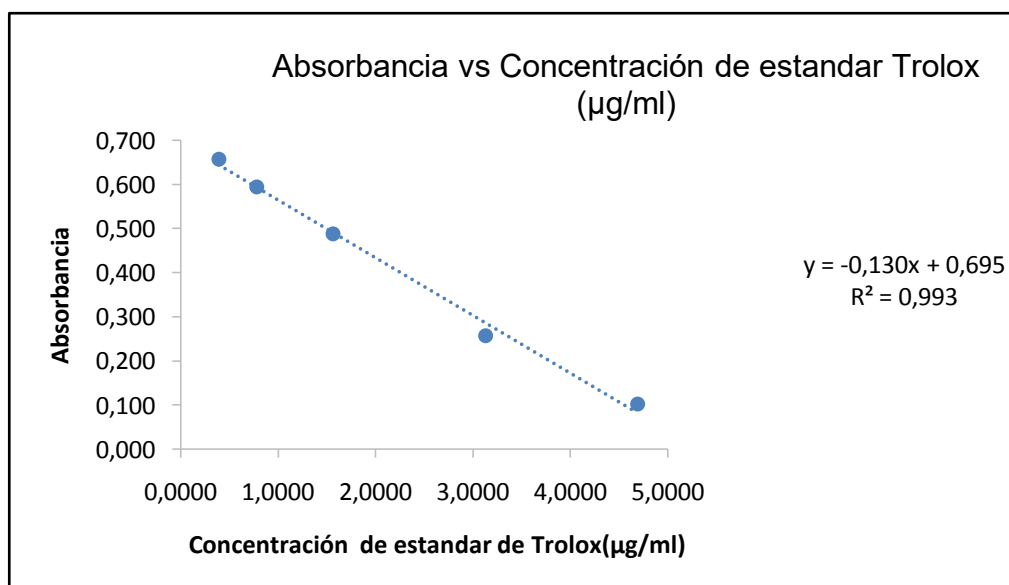
## Anexo 7. Curva de calibración de ABTS<sup>•+</sup>

Concentración final (µg/ml)	%CRL	IC <sub>50</sub> (µg/ml)
4,6875	85,63	2,6124
3,1250	63,83	
1,5625	31,24	
0,7813	16,20	
0,3906	7,42	
0	0,00	

Curva de calibración de captación del radical catiónico ABTS<sup>•+</sup> con estándar Trolox

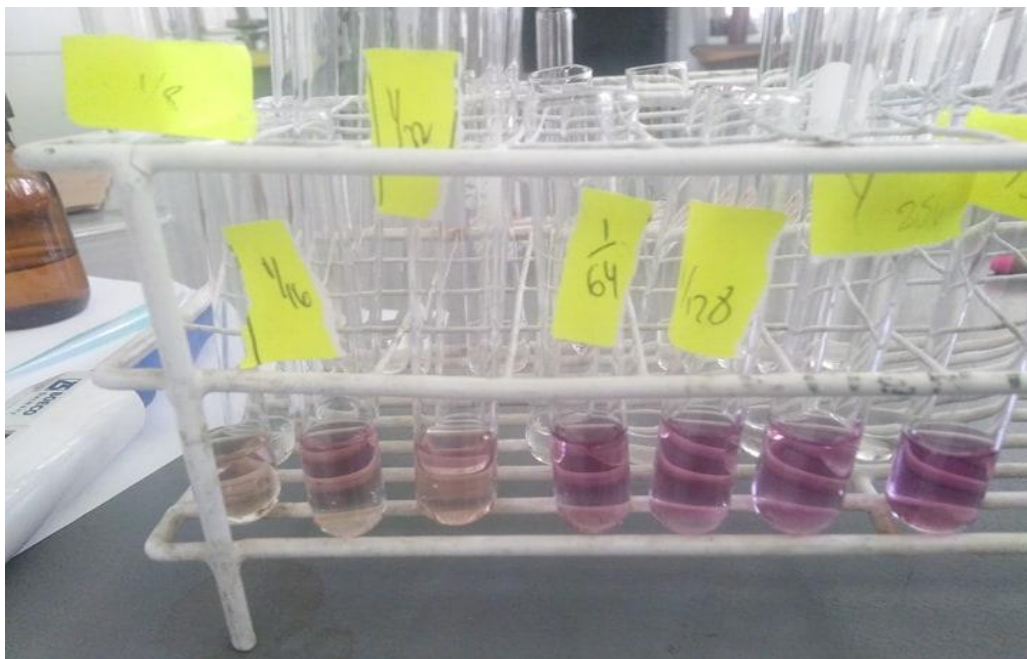


Absorbancias de solución de ABTS<sup>•+</sup> con estándar Trolox

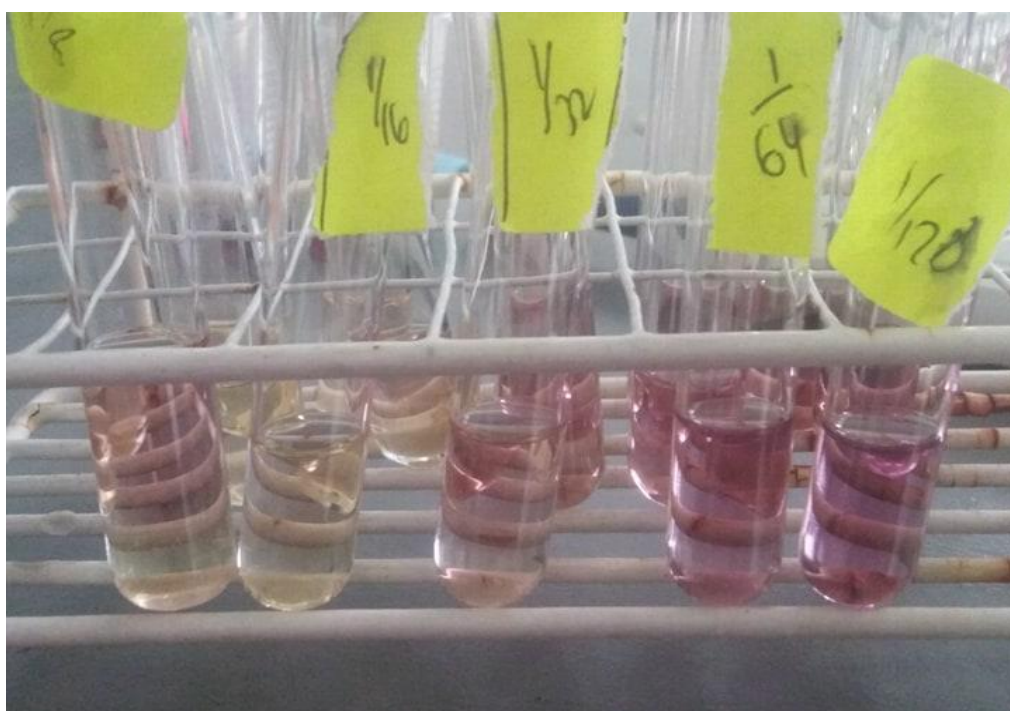




**Anexo 8.** Diluciones para la evaluación de la capacidad antioxidante en muestra fresca de tumbo serrano por el método de DPPH



**Anexo 9.** Diluciones para la evaluación de la capacidad antioxidante en muestra seca de tumbo serrano por el método de DPPH



**Anexo 10.** Diluciones realizadas para la evaluación de la capacidad antioxidante en muestra fresca de tumbo serano por el método ABTS<sup>•+</sup>



**Anexo 11.** Diluciones realizadas para la evaluación de la capacidad antioxidante en muestra seca de tumbo serano por el método de radical catiónico ABTS<sup>•+</sup>



**Anexo 12.** Tablas estadísticas de los resultados obtenidos en base seca de muestra fresca y seca de tumbo serrano

ANÁLISIS DESCRIPTIVO

**Descriptive Statistics**

	CENIZAS (g%)		FIBRA (g%)	
	FRESCO	SECO	FRESCO	SECO
Valid	3	3	3	3
Missing	0	0	0	0
Mean	3,664	3,866	42,034	39,446
Std. Deviation	0,511	0,370	4,078	2,843
Minimum	3,153	3,458	38,376	37,504
Maximum	4,176	4,181	46,432	42,709

**Descriptive Statistics**

	AZÚCARES REDUCT. DIRECTOS (g%)	
	FRESCO	SECO
Valid	3	3
Missing	0	0
Mean	32,860	15,258
Std. Deviation	0,853	0,000
Minimum	32,007	15,258
Maximum	33,712	15,258

**Descriptive Statistics**

	AZÚCARES REDUCT. TOTALES(g%)		VITAMINA C (mg % )	
	FRESCO	SECO	FRESCO	SECO
Valid	3	3	3	3
Missing	0	0	0	0
Mean	41,728	17,063	378,445	120,553
Std. Deviation	1,028	0,795	8,518	1,657
Minimum	40,648	16,282	370,259	119,412
Maximum	42,695	17,870	387,260	122,454



### Descriptive Statistics

	pH		ACIDEZ(g% ácido cítrico)		BRIX	
	FRESCO	SECO	FRESCO	SECO	FRESCO	SECO
Valid	3	3	3	3	3	3
Missing	0	0	0	0	0	0
Mean	19,500	3,776	15,910	8,584	57,040	56,136
Std. Deviation	0,205	0,043	0,430	0,240	0,164	0,000
Minimum	19,329	3,727	15,480	8,315	56,850	56,136
Maximum	19,727	3,806	16,340	8,777	57,135	56,136

### Descriptive Statistics

	POLIFENOLES (mg de ácido gálico/gMP)		FLAVONOIDES (mg de quercetina/100gMP)		CAROTENOIDES(mg/100gMP)	
	FRESCO	SECO	FRESCO	SECO	FRESCO	SECO
Valid	3	3	3	3	3	3
Missing	0	0	0	0	0	0
Mean	836,658	474,934	49,305	14,588	1,567	1,233
Std. Deviation	29,606	25,785	0,216	0,411	0,040	0,050
Minimum	802,481	446,163	49,089	14,116	1,527	1,178
Maximum	854,430	495,958	49,521	14,858	1,607	1,276

### Descriptive Statistics

	DPPH (μmol Trolox/gMP)		ABTS (μmolTrolox/gMP)	
	FRESCO	SECO	FRESCO	SECO
Valid	3	3	3	3
Missing	0	0	0	0
Mean	516,788	268,550	710,310	517,817
Std. Deviation	19,843	3,706	12,353	17,976
Minimum	502,803	264,620	697,465	505,576
Maximum	539,499	271,984	722,105	538,456

Prueba T para muestras independientes de valor nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en pulpa y semilla de tumbo serrano en base seca

### Independent Samples T-Test

	Test	Statistic	p	Effect Size
CENIZAS(%)	Student	-0,553	0,610	-0,452
	Mann-Whitney	3,000	0,700	-0,333
FIBRA(%)	Student	0,902	0,418	0,736
	Mann-Whitney	7,000	0,400	0,556
AZUC REDUC DIRECTOS(%)	Student	NaN <sup>a</sup>		
	Mann-Whitney	NaN <sup>a</sup>		
AZUC REDUC TOTALES(%)	Student	32,879	< ,001	26,846
	Mann-Whitney	9,000	0,100	1,000
VITAMINA C (mg %)	Student	51,472	< ,001	42,027
	Mann-Whitney	9,000	0,100	1,000
pH	Student	130,097	< ,001	106,223
	Mann-Whitney	9,000	0,100	1,000
ACIDEZ (g% ácido cítrico)	Student	25,761	< ,001	21,033
	Mann-Whitney	9,000	0,100	1,000
BRIX	Student	NaN <sup>b</sup>		
	Mann-Whitney	NaN <sup>b</sup>		
POLIFENOLES (mg de ácido gálico/gMP)	Student	15,938	< ,001	13,013
	Mann-Whitney	9,000	0,100	1,000
FLAVONOIDES (mg de quercetina/100gMP)	Student	129,521	< ,001	105,753
	Mann-Whitney	9,000	0,100	1,000
CAROTENOIDES (mg/100gMP)	Student	9,047	< ,001	7,387

	Mann-Whitney	9,000	0,100	1,000
DPPH ( $\mu\text{molTrolox/gMP}$ )	Student	21,299	< ,001	17,391
	Mann-Whitney	9,000	0,100	1,000
ABTS ( $\mu\text{molTrolox/gMP}$ )	Student	15,285	< ,001	12,480
	Mann-Whitney	9,000	0,100	1,000

*Note.* For the Student t-test, effect size is given by Cohen's d. For the Mann-Whitney test, effect size is given by the rank biserial correlation.

<sup>a</sup> The variance in AZUC REDUC DIRECTOS(%) is equal to 0 after grouping on V1 <sup>b</sup> The variance in BRIX is equal to 0 after grouping on V1

### Test of Equality of Variances (Levene's)

	F	p
CENIZAS(%)	0,128	0,739
FIBRA(%)	0,363	0,579
AZUC REDUC DIRECTOS(%)	NaN <sup>a</sup>	
AZUC REDUC TOTALES(%)	0,209	0,671
VITAMINA C (mg %)	3,023	0,157
pH	5,483	0,079
ACIDEZ (g% ácido cítrico)	0,484	0,525
BRIX	NaN <sup>b</sup>	
POLIFENOLES (mg de ácido gálico/g MP)	0,191	0,685
FLAVONOIDES (mg de quercetina/100gMP)	2,482	0,190
CAROTENOIDES(mg/100gMP)	0,316	0,604
DPPH( $\mu\text{molTrolox/g MP}$ )	8,817	0,041
ABTS ( $\mu\text{.molTrolox/g MP}$ )	0,990	0,376

<sup>a</sup> The variance in AZUC REDUC DIRECTOS(%) is equal to 0 after grouping on V1

### Test of Normality (Shapiro-Wilk)

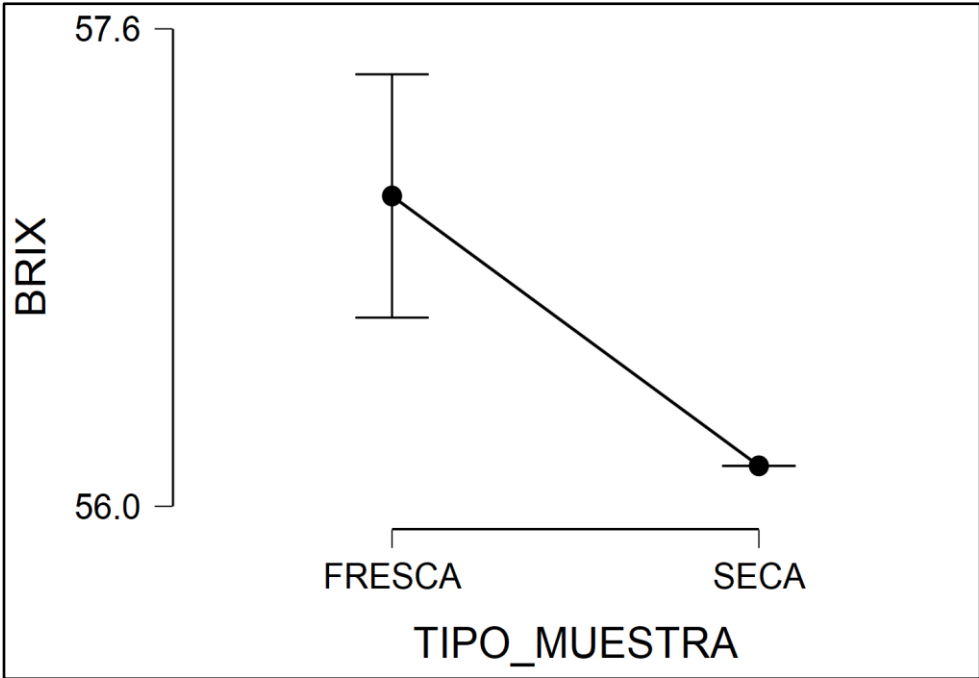
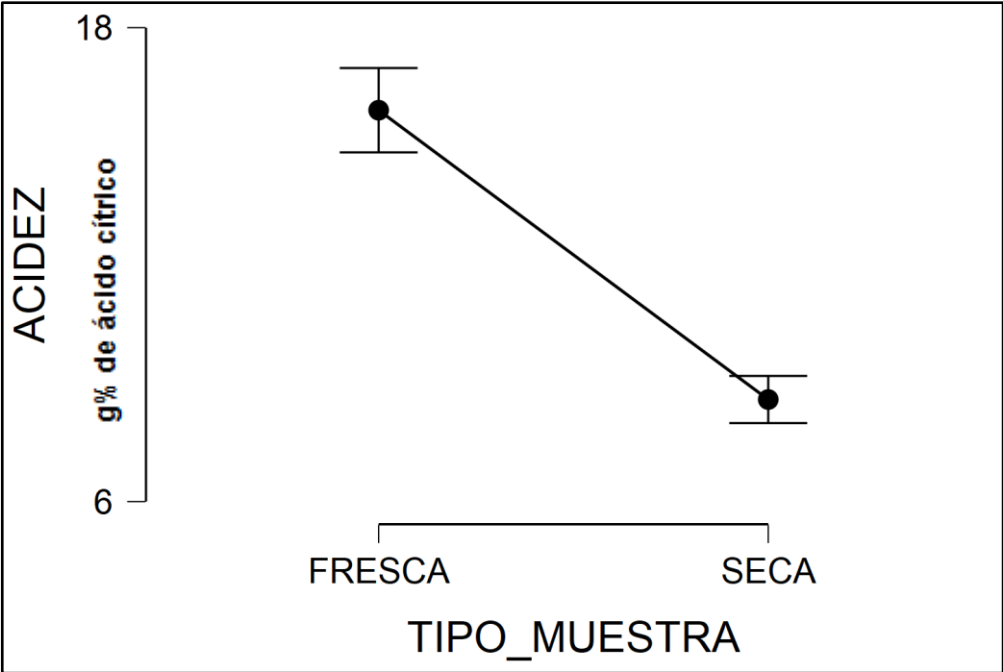
		W	p
CENIZAS(%)	FRESCO	1,000	0,999
	SECO	0,953	0,584
FIBRA(%)	FRESCO	0,975	0,699
	SECO	0,838	0,209
AZUC REDUC DIRECTOS(%)	FRESCO	1,000	1,000
	SECO	NaN <sup>a</sup>	
AZUC REDUC TOTALES(%)	FRESCO	0,991	0,817
	SECO	0,999	0,948
VITAMINA C (mg % )	FRESCO	0,996	0,878
	SECO	0,842	0,220
pH	FRESCO	0,942	0,537
	SECO	0,855	0,253
ACIDEZ	FRESCO	1,000	1,000
	SECO	0,923	0,464
BRIX	FRESCO	0,750	< ,001
	SECO	NaN <sup>b</sup>	
POLIFENOLES (mg de ácido gálico/g MP)	FRESCO	0,766	0,035
	SECO	0,932	0,497
FLAVONOIDES (mg de quercetina/100g MP)	FRESCO	1,000	1,000
	SECO	0,818	0,157
CAROTENOIDES(mg/100gMP)	FRESCO	1,000	1,000
	SECO	0,949	0,566
DPPH(μmol Trolox/gMP)	FRESCO	0,855	0,254
	SECO	0,987	0,779
ABTS (μmol Trolox/gMP)	FRESCO	0,995	0,859
	SECO	0,836	0,204

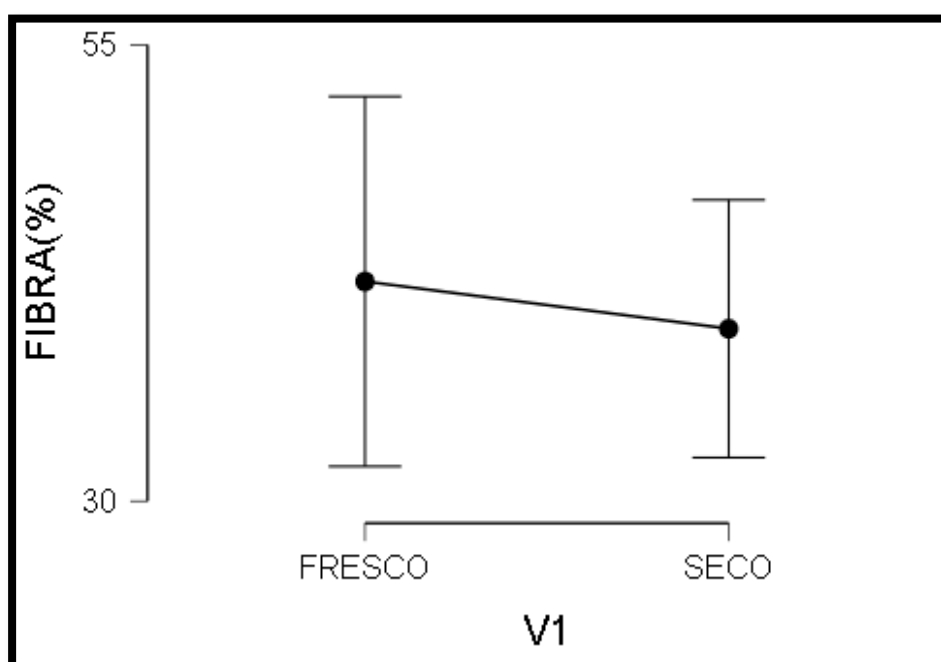
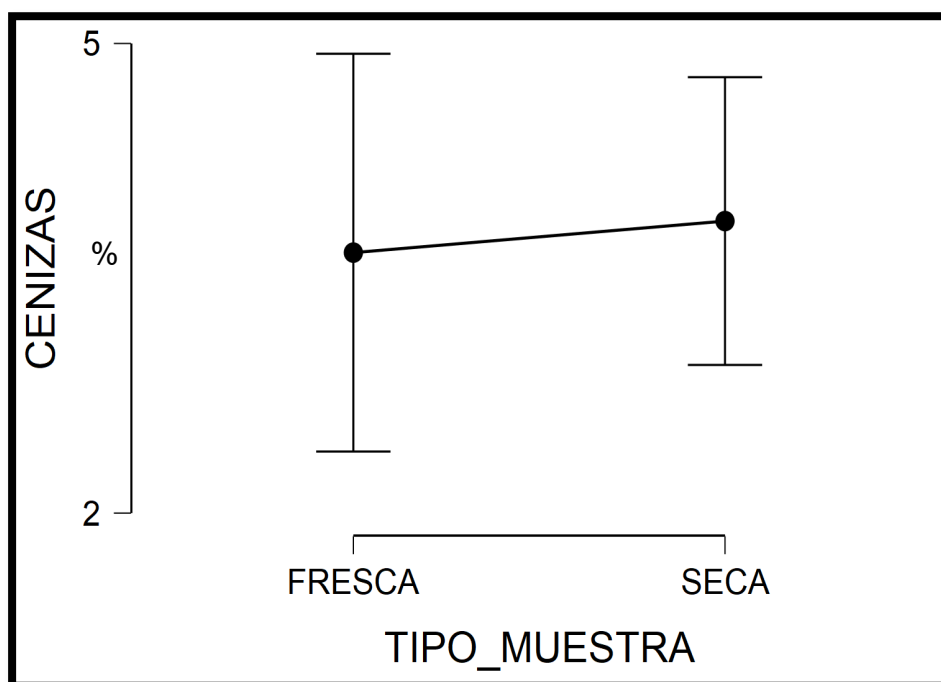
*Note.* Significant results suggest a deviation from normality.

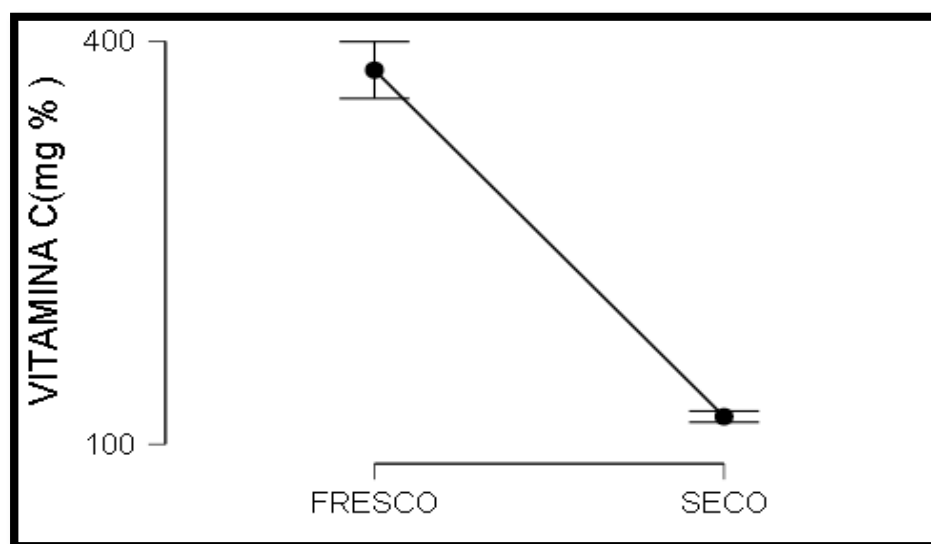
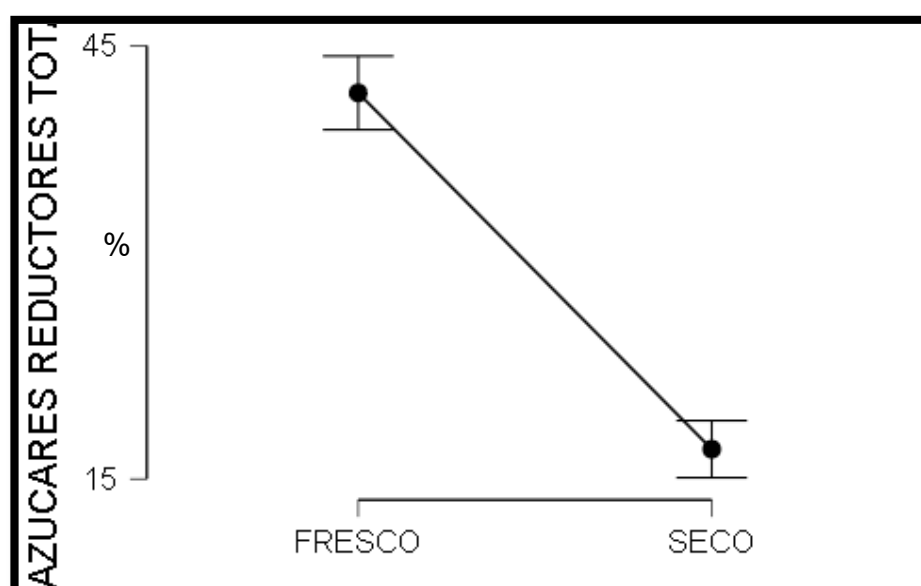
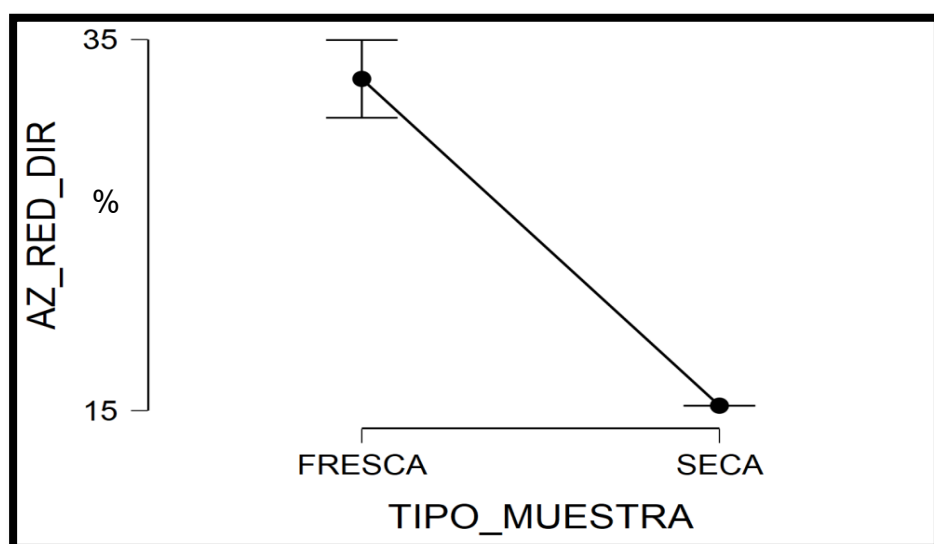
<sup>a</sup> The variance in AZUC REDUC DIRECTOS(%) is equal to 0 after grouping on V1

<sup>b</sup> The variance in BRIX is equal to 0 after grouping on V1

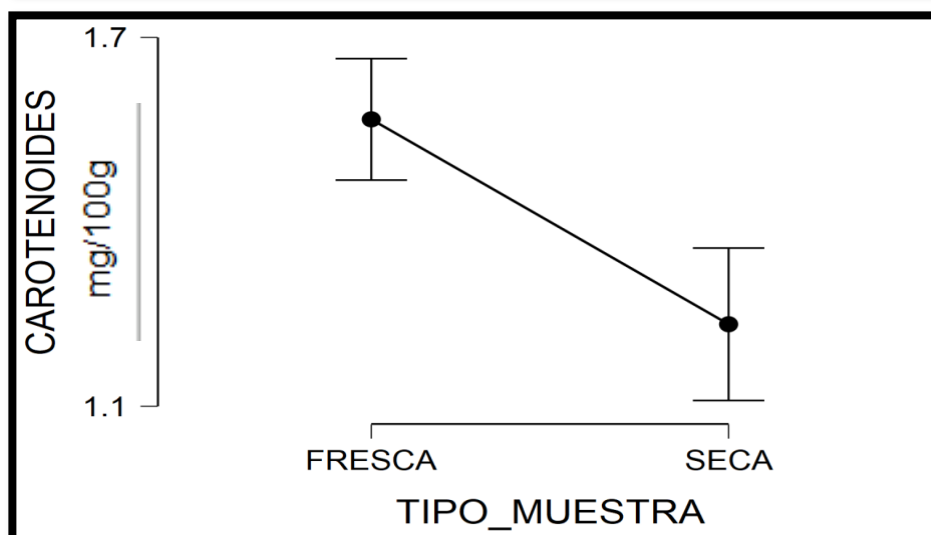
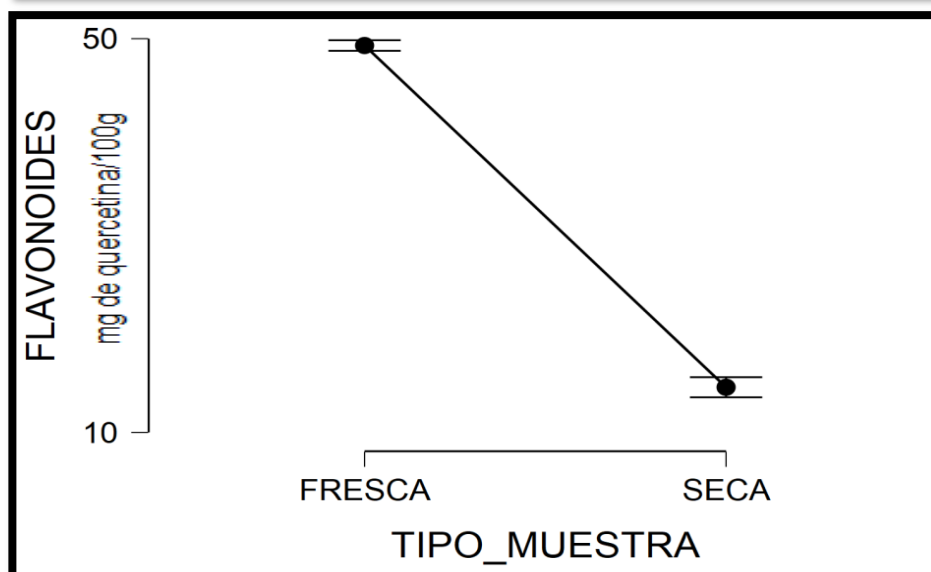
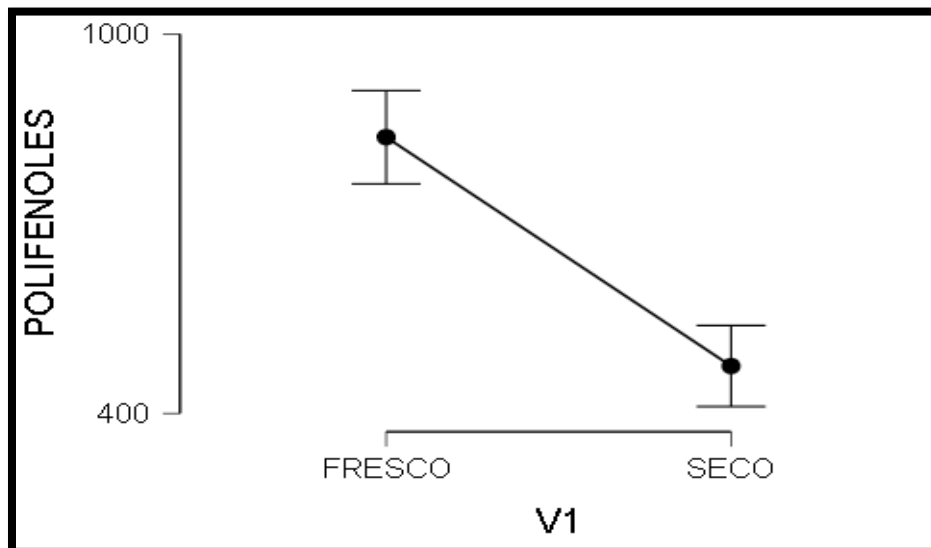
**Anexo 13.** Gráficas del efecto de SC en pulpa y semilla de tumbo serrano





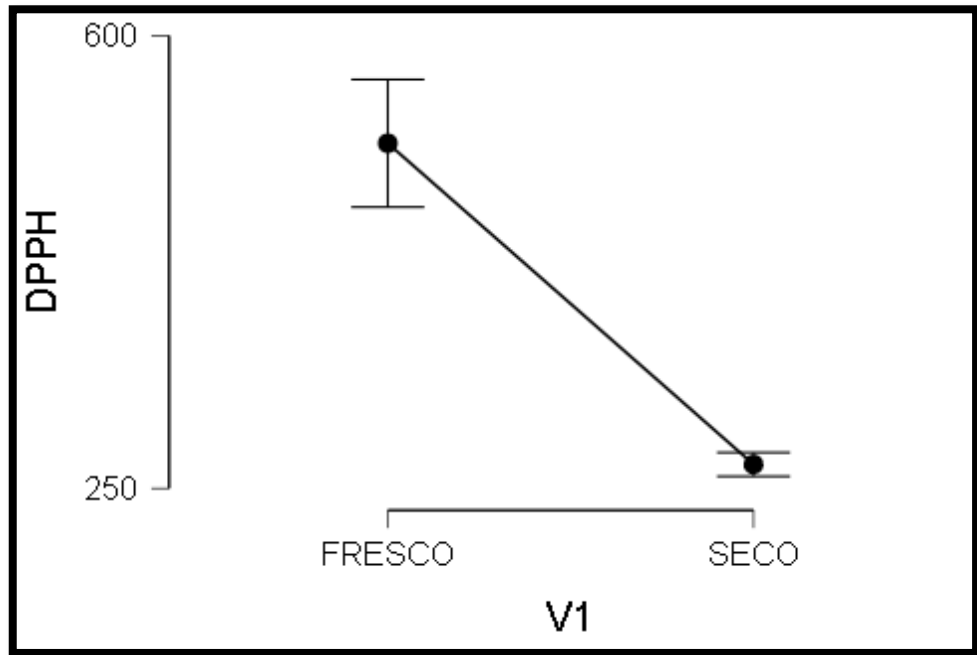


POLIFENOL ( mg EAG/gMP)





DPPH ( $\mu\text{mol Trolox/g MP}$ )



ABTS<sup>•+</sup> ( $\mu\text{mol Trolox/g MP}$ )

